



DETERMINANTES DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

PEDRO GUILHERME DE ANDRADE VASCONCELOS

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

DETERMINANTES DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

PEDRO GUILHERME DE ANDRADE VASCONCELOS
Engenheiro Florestal

ORIENTADOR: PROF. DR. HUMBERTO ANGELO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL - UnB**

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM-249/2015

BRASÍLIA/DF MARÇO DE 2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DETERMINANTES DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

PEDRO GUILHERME DE ANDRADE VASCONCELOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM-249/2015

DISSERTAÇÃO APROVADA POR:

Prof. Dr. HUMBERTO ANGELO
Professor do Departamento de Engenharia Florestal – UnB
humb@unb.br (ORIENTADOR)

Prof. Dr. ERALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI
Professor do Departamento de Engenharia Florestal – UnB
ematricardi@unb.br (EXAMINADOR INTERNO)

Prof. Dr. ALEXANDRE NASCIMENTO DE ALMEIDA
Professor da Faculdade de Planaltina - UNB
alexalmeida@unb.br (EXAMINADOR EXTERNO)

Prof. Dr. REGINALDO SÉRGIO PEREIRA
Professor do Departamento de Engenharia Florestal – UnB
reginaldosp@unb.br (SUPLENTE INTERNO)

Brasília/DF, 13 de março de 2015.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V331d Vasconcelos, Pedro Guilherme de Andrade
Determinantes do desmatamento na Amazônia
Brasileira / Pedro Guilherme de Andrade Vasconcelos;
orientador Humberto Angelo. -- Brasília, 2015.
60 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências
Florestais) -- Universidade de Brasília, 2015.

1. Desmatamento. 2. Amazônia. 3. Análise
discriminante. I. Angelo, Humberto, orient. II.
Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VASCONCELOS, P. G. A. (2015). Determinantes do desmatamento na Amazônia Brasileira. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. Publicação **PPGEFL.DM-249/2015**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília - UnB, Brasília/DF. 2015. 60p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Pedro Guilherme de Andrade Vasconcelos

TÍTULO: Determinantes do desmatamento na Amazônia Brasileira

GRAU: MESTRE

ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília (UnB) permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Pedro Guilherme de Andrade Vasconcelos

pedroguilherme.av@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus;

Aos meus pais pelo incentivo e apoio incondicional;

A minha família e aos meus amigos que sempre me apoiaram e nunca deixaram de acreditar em mim;

Ao meu orientador Prof. Humberto Angelo, pelos ensinamentos, incentivos, colaboração e principalmente pelas oportunidades a mim oferecidas;

Ao Departamento de Engenharia Florestal;

A Universidade de Brasília;

A Capes pela bolsa de mestrado.

"Enquanto tivermos fé na nossa causa e um desejo indestrutível de vencer, a vitória não nos será negada".

Winston Churchill.

RESUMO

A Amazônia, maior bioma de floresta úmida do mundo, contém quase 50% da biodiversidade conhecida do planeta e o maior manancial de água doce, que corresponde aproximadamente a um quinto das reservas mundiais. Entretanto, o uso sustentável deste bioma está ameaçado por vários fatores, e o desmatamento é seu principal problema. Este trabalho aborda o desmatamento da floresta amazônica brasileira, em especial busca os determinantes deste processo, utilizando-se para essa finalidade séries de dados temporais do desmatamento e de diversos fatores socioeconômicos, compreendendo o período de 1990 a 2012. A metodologia utilizada submeteu os dados obtidos à análise estatística de correlação seguida da aplicação da análise multivariada discriminante com o método *stepwise*. Os resultados obtidos apontaram que em ordem de importância as variáveis determinantes do desmatamento são: Bovinos, Malha Viária, População, Extração da Madeira e Área de Lavoura. Por fim, a partir das discussões foram relacionados alguns mecanismos com potencial para combater o desmatamento.

Palavras-chave: Desmatamento, Amazônia, Análise discriminante.

ABSTRACT

The Amazon rainforest is the largest biome in the world, containing almost 50% of the known biodiversity of the planet and the biggest source of fresh water, which is approximately one-fifth of global reserves. However, the sustainable use of this ecosystem is threatened by several factors, and deforestation is your main problem. This study addresses the deforestation of the Brazilian Amazon forest, in particular search the determinants of the deforestation process, using for this purpose, time-series of several socioeconomic factors between 1990 and 2012. The methodology applied included statistical analyzes based on correlation analysis followed by the application of multivariate discriminant analysis with the stepwise criteria. The results showed that in order of importance cattle, roads network, selective logging and crop areas were the determinant variables of the deforestation in the amazon. Finally, based on the discussion were related some potential mechanisms to combat deforestation.

Keywords: Deforestation, Amazon, Multivariate discriminant analysis.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Hipótese.....	3
1.2. Objetivos	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Desmatamento.....	3
2.2. Determinantes do desmatamento	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Área de estudo.....	14
3.2. Variáveis estudadas.....	16
3.3. Amostra.....	22
3.4. Base de dados	22
3.5. Tratamento prévio dos dados	23
3.6. Esquema metodológico.....	24
3.7. Análise estatística	25
3.7.1. Análise de correlação	25
3.7.2. Análise discriminante.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Análise de correlação.....	28
4.2. Análise discriminante	30
4.3. Mecanismos e Ações	38
4.3.1. Cota de Reserva Ambiental (CRA).....	39
4.3.2. Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD+)	41
5. CONCLUSÕES	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Demonstrativo das variáveis	17
Tabela 2 - Variáveis explicativas do desmatamento na Amazônia segundo diferentes autores	22
Tabela 3 - Matriz de correlação entre as variáveis.	29
Tabela 4 - Testes de igualdade de médias de grupo.....	30
Tabela 5 - Teste M de box.....	31
Tabela 6 - Variáveis inseridas ^{a,b,c,d}	31
Tabela 7 - Eigenvalues (Valores próprios)	32
Tabela 8 - Lambda de Wilks	33
Tabela 9 - Resultados da classificação ^{a,c}	33
Tabela 10 - Coeficientes das funções discriminantes padronizados	34
Tabela 11 - Coeficientes de funções discriminantes canônicas padronizados rotacionados ^a	35
Tabela 12 - Matriz de estruturas.....	35
Tabela 13 - Índice de Potência	36

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Localização da área de estudo Fonte: IBAMA-SISCOM.....	14
Figura 2 - Evolução do desmatamento nos estados AP, RR e TO de 1990 a 2012.	17
Figura 3 - Evolução do desmatamento nos estados AC, AM e MA de 1990 a 2012.	18
Figura 4 - Evolução do desmatamento nos estados MT, PA e RO de 1990 a 2012.	18
Figura 5 - PIB dos estados que compõe a Amazônia Legal.....	20
Figura 6 - População dos estados que compõe a Amazônia Legal.....	21
Figura 7 - Crédito rural utilizado pelos estados que compõe a Amazônia Legal.	21
Figura 8 - Esquema metodológico do estudo.	24
Figura 9 - Mapa territorial das duas funções discriminantes.....	37

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIATÓES

AEB - Anuário Estatístico do Brasil

AML - Amazônia Legal

BACEN - Banco Central do Brasil

BASA - Banco da Amazônia

CRA - Cota de Reserva Ambiental

DETER - Detecção de Desmatamento em Tempo Real

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

FGV - Fundação Getúlio Vargas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Λ - Lambda

MFS - Manejo Florestal Sustentável

MMA - Ministério do Meio Ambiente

PPCDAm - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia

PRODES - Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite

REDD - Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia, maior bioma de floresta úmida do mundo, contém cerca de 50% da biodiversidade conhecida e o maior manancial de água doce, que representa um quinto das reservas mundiais. Contudo, o uso sustentável deste bioma está ameaçado por vários fatores, dentre os quais o principal é o desmatamento, que além de afetar a quantidade dos recursos naturais disponíveis para gerações futuras, também prejudica a prestação de uma ampla gama de serviços ambientais, como a manutenção do ciclo hidrológico, dos climas regionais e a estocagem de carbono global (DAVIDSON, 2012).

Em nível regional, o desmatamento promove alterações ecossistêmicas, como a redução das chuvas, redução da evapotranspiração, contaminação dos recursos hídricos (ROULET et al, 2000) e uma significativa perda de biodiversidade (PORTELA & RADEMACHER, 2001), que é agravada pelos métodos de exploração utilizados na Amazônia, agravando os prejuízos à fauna e à flora, com considerável perda de produtividade dos solos (MACHADO & AGUIAR, 2001).

O processo de desmatamento da Amazônia começou a ter taxas significativas entre os anos 1960 e 1970. Este processo está relacionado com a adoção de políticas públicas, agressivas ao ambiente, que corroboraram com o aumento de áreas desmatadas, por meio da concessão dos títulos de terras entregues aos colonos, baseada na extração da cobertura florestal, provocando grande impacto na paisagem do bioma (ANGELO, 2008).

Nas décadas de 70 e 80, dando continuidade às políticas governamentais implantadas, ou seja, incentivos fiscais a empreendimentos privados na Amazônia, foram fornecidos créditos rurais subsidiados, programas oficiais de colonização agrícola, assim como investimentos em infraestrutura, que atraíram empreendedores e milhares de migrantes em busca de terras na região. É possível apontar estas variáveis como explicativas para o contínuo e crescente desflorestamento da área (ALDRICH, 2006).

Entretanto, ao longo da década de 90, a maioria dos fatores observados nos anos anteriores foram reduzidos e até mesmo eliminados. Porém o que se verificou

foi que as taxas de desflorestamento permaneceram altas, indicando a presença de outras forças subjacentes (RODRIGUES, 2004).

Com relação ao processo de desmatamento recente, a maioria dos trabalhos apontam para atividades agropecuárias que se expandem seguindo à lógica econômica privada (MARGULIS, 2003). Silva (2006), afirmou que a maior parte do desmatamento amazônico até 1997 ocorreu nas terras com maior potencial agropecuário, o que está de acordo com o trabalho de Chomitz e Thomas (2003), que verificaram que a conversão de terras para uso agropecuário diminuiu substancialmente com o aumento dos níveis de pluviosidade, tornando as áreas mais úmidas menos interessantes do ponto de vista econômico, portanto, menos sujeitas ao avanço do desmatamento (OLIVEIRA, 2011). Em outros trabalhos os principais fatores político-econômicos apontados como causas do desmatamento da Amazônia são citados: a pecuária bovina (MIRAGAYA, 2008); a agricultura de grãos (CATTANEO, 2005); a extração de madeira (MATRICARDI et al., 2010); a distância às rodovias (GODAR, 2012).

Apesar da importância da floresta amazônica, analisando o período de 1990 a 2012, foram perdidos 358 mil km² de cobertura florestal no bioma Amazônico. Todavia, nos últimos anos, as taxas anuais de desmatamento apresentaram grande diferenciação com taxas relativamente menores que as do início da década de 2000. Em 2004 o desmatamento anual estimado no bioma alcançou 27.772 km², e a partir de 2005 houve uma forte retração no desmatamento, chegando a 4571 km² no ano de 2012. Entretanto, independentemente da redução das áreas desmatadas nos últimos anos, o desmatamento continua expressivo e pode voltar a crescer.

Sendo assim, em decorrência do papel relevante e imprescindível que a floresta amazônica ocupa no cenário brasileiro e mundial, se fazem necessários estudos constantes e detalhados que possam identificar, analisar e compreender quais variáveis influenciam as taxas anuais de desmatamento, afim de subsidiar ações governamentais e não-governamentais, permitindo otimizar práticas eficazes no controle e redução das áreas de desmatamento.

1.1. Hipótese

A hipótese do presente trabalho é a de que diversos fatores sociais e econômicos e suas interações podem explicar a intensidade do desflorestamento na Amazônia brasileira.

1.2. Objetivos

O trabalho tem por objetivo principal investigar a influência de fatores socioeconômicos no processo de desmatamento da floresta amazônica brasileira, utilizando, para essa finalidade, séries de dados temporais que abrangem o período de 1990 a 2012.

Como objetivos específicos citam-se:

- a) identificar os fatores socioeconômicos que determinam os desmatamentos na Amazônia brasileira;
- b) estimar a magnitude dos determinantes identificados;
- c) recomendar mecanismos e ações para minimizar este dano ambiental.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Desmatamento

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o desmatamento é a “substituição ou remoção da cobertura florestal em quase sua totalidade, ou seja, um processo que causa a mudança ou conversão no uso da terra a longo prazo”. Já o Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) do INPE, entende que o desmatamento é um processo que se inicia com a floresta amazônica intacta e termina com a conversão completa da floresta original em outras coberturas. Esse processo pode levar alguns anos, pois geralmente os atos de exploração da floresta são feitos por empreendimentos especializados em cada uma das fases do processo de extração (INPE, 2014).

As mudanças no uso da terra e na cobertura do solo ocorrem em todo o mundo, mas a maior preocupação atual concentra-se sobre o desmatamento tropical, que impulsiona espécies à extinção, libera gases de efeito estufa e mina a sustentabilidade dos ambientes locais. Em nenhum lugar estes impactos são mais aparentes do que na Bacia Amazônica, onde uma grande parte da floresta desapareceu na sequência de iniciativas do governo para ocupar a Amazônia (WALKER, 2003).

O desmatamento tropical e a mudança na cobertura da terra são processos complexos que envolvem uma multiplicidade de agentes. Na Bacia do Amazonas, os pequenos agricultores, fazendeiros, madeireiros e garimpeiros, têm contribuído para a perda de floresta (MENDONÇA, 2012).

No início do século XX, aproximadamente 80% da área da Amazônia brasileira ainda era florestada, com as áreas restantes cobertas, em sua maioria, por savanas e campinaranas. Até a década de 1960 a região pouco se desenvolveu, a maior parte da população regional habitava as planícies aluviais devido à boa fertilidade dos solos (relacionada com o trânsito e deposição de sedimentos provenientes das regiões a montante), principalmente ao longo do Amazonas (HARGRAVE, 2013).

Conquanto, políticas públicas decorrentes da necessidade de se unificar o mercado nacional associada à industrialização ampliaram a velocidade da ocupação regional. As primeiras intervenções que geraram transformações mais efetivas na Amazônia ocorreram pela construção, em 1958, da BR Belém-Brasília e da BR 364 (Brasília-Porto Velho), acelerando o processo de ocupação nas áreas mais acessíveis. Esta colonização ocorreu por intermédio principalmente da migração de pessoas do centro-sul e do nordeste do país, pois até então o acesso à Amazônia era dificultado pela inexistência de estradas. Para melhor compreensão do impacto dessas ações, foi verificado que a população regional cresceu cerca de 400% de 1950 a 1960 (FERREIRA, 2011).

Assim as dinâmicas de ocupação do espaço regional se caracterizaram pelo: crescimento populacional indiscriminado; ocupação humana determinada pela acessibilidade dos rios e das estradas; pela supressão e fragmentação de grande parte da cobertura do solo; pela introdução de novas espécies animais e vegetais,

impedindo a recuperação do ambiente; e pela retirada de grandes quantidades de recursos naturais para consumo nacional e internacional (LIRA et al., 2009).

A partir do golpe militar de 1964, a Amazônia conquistou lugar definitivo nas estratégias de desenvolvimento nacional, um novo ciclo de crescimento, organizado sob um projeto geopolítico estatal para todo o território nacional. A priorização da Amazônia como fronteira a ser definitivamente apossada foi promovida devido a três aspectos: primeiro, como forma de solução para os conflitos sociais internos decorrentes da expulsão de pequenos agricultores do Nordeste e do Sudeste pela agricultura de larga escala; segundo, na possibilidade de desenvolver ali núcleos revolucionários; terceiro, para garantir a posse da Amazônia. Para este fim, o governo adotou a estratégia de implantação de grandes projetos amparados por investimentos em infraestrutura (GAZONI, 2011).

Na segunda metade da década de 1960, o Banco de Crédito da Borracha foi transformado em Banco da Amazônia (BASA), com competência de distribuir incentivos fiscais e autorizar créditos para as indústrias e para o setor agropecuário. Durante esse período também foi criada a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e implantada a Zona Franca de Manaus. Além disso, políticas de colonização indutoras de migração interna e formação de mercado de mão-de-obra foram implantadas. Em relação à agricultura, o governo federal passou a incentivar projetos de estímulo ao desenvolvimento dessa atividade no norte do Estado do Mato Grosso e no sul do Estado do Pará. Além disso, nos anos de 1965 e 1966, foram criadas, respectivamente, nos Estados do Pará e do Amazonas, as Associações de Crédito e Assistência Rural (GAZONI, 2011).

Em 1970 a partir da criação, do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) que, segundo Ferreira & Salati (2005), enviou, somente até 1974, 400 mil colonos à Amazônia. Em meados da década de 1970 se iniciou o questionamento sobre o desmatamento na Amazônia, quando mais de 10 milhões de hectares já haviam sido desflorestados, e devido à constatação dos problemas ambientais gerados, em 1979 firmou-se a cooperação científica internacional na Amazônia por meio do convênio com a “*Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit – GTZ*”, da então Alemanha Ocidental, visando a utilização adequada dos solos da Amazônia e a sua conservação (PRATES, 2011).

Na primeira metade da década de 1980, o desmatamento começou a se intensificar na região, culminando, em meados da mesma década, com cerca de 10% de área da floresta já desmatada. Isso ocorreu por várias razões, tal como a implantação de grandes projetos agropecuários apoiados por incentivos fiscais, que passaram a existir no sul do estado do Pará e no norte do estado de Mato Grosso, estimulando a ocupação da região e intensificando a retirada da cobertura florestal. As construções das rodovias PA-70 e a Transamazônica (BR-230) criaram um novo eixo de desmatamento em porções centrais da floresta. Além disso, as políticas promovidas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) também contribuíram para a retirada da cobertura nas áreas de assentamento ao longo das principais rodovias que cortam a região, principalmente nos estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará (PRATES, 2011).

Na segunda metade da década de 1980 e na primeira metade da década de 1990, os investimentos na Amazônia foram reduzidos e os poderes da república se concentraram na reorganização do Estado após o fim do governo militar, incluindo a promulgação da Constituição Federal de 1988. O processo foi marcado por extensos desmatamentos, pela introdução da monocultura da soja mecanizada sustentada por meio do uso intensivo de insumos e defensivos químicos. Por outro lado, os casos de maior êxodo e descapitalização ocorreram em núcleos de exploração de látex (GAZONI, 2011).

Na década de 1990, a economia amazônica foi impulsionada por grandes intervenções: rodovias, ferrovias, indústrias, exploração de recursos minerais, abertura de áreas para a agricultura e pecuária, assim como pelo rápido crescimento demográfico decorrente da imigração induzida pela construção de estradas, abertura de novas fronteiras agrícolas, surtos de mineração, crescimento da indústria e dos serviços (HARGRAVE, 2013). Na segunda metade da década, o Programa Brasil em Ação (1996-1999), teve como propostas centrais para a região da Amazônia a recuperação da BR 364 (Brasília - Porto Velho) e da BR 163 (Cuiabá – Santarém), e o asfaltamento da BR 174 (Manaus - Boa Vista).

A partir do final da década de 1990 até 2004, o desmatamento da Amazônia tornou-se muito mais sensível às influências globais como as condições do mercado de commodities e os avanços tecnológicos favoreceram a primeira expansão em larga

escala da soja e de outras culturas mecanizadas na região. Durante este período, os preços da soja “dispararam” e mais da metade do desmatamento ocorrido na floresta amazônica neste período aconteceu no estado de Mato Grosso e no sudeste do estado Amazonas (NEPSTAD, 2014).

O Código Florestal Brasileiro foi um importante instrumento legal ao se tratar do desmatamento das florestas em terras privadas, pois se estabeleceu uma parcela mínima de cada propriedade que deveria ser manejada como uma reserva florestal. Na Amazônia, a reserva legal foi aumentada de 50% para 80% em 1996, tornando o cumprimento da lei praticamente inatingível (STICKLER, 2013), o que reduziu a credibilidade da lei, pois a sua execução também foi impedida pela falta de um banco de dados cadastral das propriedades rurais (SOARES-FILHO, 2014).

A velocidade das transformações e os padrões de ocupação do território amazônico, delinearam duas formas distintas de ocupação do espaço regional. Por um lado, o ciclo de desmatamento pela agropecuária e extração indiscriminada de madeira, associado a intensos conflitos socioambientais. Por outro, as concentrações concebidas pelos projetos de colonização, distinguidos pela instabilidade, alto grau de evasão e fraco desempenho econômico. Neste sentido, a ocupação do território adquiriu um padrão concentrado ao longo das rodovias. Assim, o adensamento das estradas na borda do bioma gerou um grande arco de desmatamento e focos de calor (MENDONÇA, 2012).

Já no Programa Avança Brasil (2000-2003), os investimentos se concentraram em quatro grandes corredores de transporte, com mais da metade destes destinados ao corredor Araguaia-Tocantins, mas ainda, aos corredores Sudoeste, Oeste-Norte e Arco Norte. Essas ações visavam à incorporação efetiva dos territórios de sua parte mais ocidental ao Sul-Sudeste do país. Outros investimentos realizados foram: a construção da usina de Tucuruí; a extensão da rede interconectada do Mato Grosso a Rondônia e ao Acre; a BR 156, ligando Brasil à Guiana; e a BR 319, ligando respectivamente ao Acre e a Manaus, facilitando a penetração para o noroeste e a construção da usina hidroelétrica Belo Monte, no rio Xingu. As rodovias associadas as hidrovias e redes de telecomunicações estão alterando a posição econômica da Amazônia (BÖRNER, MENDOZA & VOSTI, 2007).

Em 2004 a capacidade de aplicação do código florestal aumentou com o lançamento do sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), sistema para detectar e responder a eventos de desmatamento. O "Plano de Proteção e Controle do Desmatamento na Amazônia" (PPCDAm) também foi criado facilitando coordenação e colaboração entre várias instituições públicas, incluindo a Polícia Federal e o Ministério Público. Além disso, de 2005 a 2006, a rentabilidade da produção de soja brasileira despencou, levando a retração na área plantada de soja na Amazônia brasileira (NEPSTAD, 2014).

Por meio de uma colaboração entre o Banco Central e Ministério do Meio Ambiente, foi lançado o programa dos municípios críticos, suspendendo o acesso ao crédito agrícola para os sítios e fazendas localizadas nos 36 municípios com as maiores taxas de desmatamento. O programa estimulou a ação coletiva para reduzir o desmatamento, imitando algumas das lições do programa de sucesso do Brasil para erradicar a febre aftosa; onze municípios conseguiram reduzir drasticamente o desmatamento. Em resposta a este programa, o estado do Pará lançou um programa "Green Country" para ajudar municípios na lista negra reduzir suas taxas de desmatamento e restabelecer o acesso ao crédito (NEPSTAD, 2014).

Um Novo Código Florestal foi assinado em 2012 e embora a exigência da reserva legal não ter sido alterada, o novo código prevê a anistia para os proprietários de terras quando o desmatamento ilegal ocorreu antes de julho de 2008. O novo código também introduziu novas medidas para a criação de incentivos para o cumprimento da legislação, buscando estimular os setores de agricultura e pecuária para o caminho da conformidade legal, com a mais importante regulamentação ambiental da região amazônica e do país (SOARES-FILHO, 2014).

Com relação à última década, Burgess (2012) observou que houve importantes mudanças estruturais na expansão da fronteira não mais se caracterizava como um processo subsidiado pelo governo, como foi na década de 1970, mas sim, promovida com recursos próprios por madeireiras, grandes pecuaristas e agricultores já instalados na região. Além disso, as frentes hoje são localizadas próximas as estradas pré-existentes, já naquela década, elas se localizavam junto às duas grandes vias de acesso terrestre, a rodovia Belém-Brasília e a rodovia Brasília-Cuiabá.

2.2. Determinantes do desmatamento

O desmatamento, que pode ser definido como a conversão de áreas de florestas para outros usos, tem sido amplamente discutido nos últimos anos sob diversos aspectos. Um aspecto importante diz respeito às relações socioeconômicas e o desmatamento, haja vista que o principal fator desencadeador desse processo é o homem, desmatamento antropogênico, em oposição ao desmatamento ocorrido por causas naturais. Dessa forma, variáveis econômicas, sociais e políticas estariam relacionadas à decisão do ser humano de fazer ou não a conversão de áreas de florestas para outros usos (ANGELO, 2008).

Existem uma série de fatores indutores do desmatamento, entre os quais, pode-se citar: preços agrícolas, mais amplamente mercados de commodities, uso de crédito (especialmente o uso de programas governamentais de crédito subsidiado); recursos naturais de captura de renda (por exemplo, vendas de madeira) e acessibilidade (distância até o mercado e fornecedores de insumos). Fatores macroeconômicos, como a renda nacional e liberalização econômica, também aparecem como subjacentes condutores de alteração da paisagem (BROWDER, 2002). Vale ressaltar, que nenhum dos fatores citados pode ser apontado como o único responsável pelo desflorestamento.

Com relação aos preços agrícolas, sabe-se que quanto maiores eles forem, maior é o estímulo ao desmatamento em resposta a maior demanda por terra agrícola. Já no regime de subsistência, maiores preços agrícolas podem ter o efeito contrário, ou seja, desestimular os desmatamentos. O uso do solo, basicamente para pecuária ou para agricultura, depende dos preços relativos entre os produtos agrícolas e pecuários (SILVA, 2006).

Apesar de o preço da terra ter aumentado verticalmente, o comportamento dessa variável pode ter efeito dual, dependendo do seu uso, ou seja, se para fins especulativos ou produtivos. Menores preços da terra, a princípio, aumentam os desmatamentos se usados para fins produtivos. Empiricamente, o efeito predominante de um aumento no preço da terra é o de aumentar os desmatamentos (FERRAZ, 2000).

A pecuária e a extração de madeira, ocupam uma área muito maior do que a da agricultura e mineração. Como a pecuária têm custos de investimento iniciais baixos, e além do mais, atraía subsídios do governo e isenções de impostos, tornou-se uma maneira barata de se adquirir terras (SÁ, 2003).

A extração de madeira segue um padrão exploratório que leva a uma exaustão dos recursos. A madeira é o produto mais rentável do setor florestal, e tanto o mercado interno quanto o externo impulsionam a exploração desse produto (ALVES, 2010).

As florestas naturais da Amazônia brasileira têm sido cada vez mais expostas às atividades de exploração madeireira e incêndios florestais (NEPSTAD et al., 1999; ASNER et al. 2005). O Desmatamento converte grandes extensões de florestas naturais em áreas agrícolas. Em contraste, os alvos da exploração madeireira seletiva têm apenas as espécies mais comercializáveis cortadas, deixando manchas florestais altamente perturbadas (MATICARDI et al., 2013).

Muitos estudos têm avaliado o processo de degradação florestal na Amazônia brasileira, utilizando abordagens de sensoriamento remoto para estimar a extensão e o impacto pela atividade madeireira e os incêndios florestais sobre a floresta tropical. Com o aumento do acesso fornecido por estradas, a extração seletiva de madeira tornou-se uma grande preocupação na Amazônia brasileira, devido ao seu potencial efeito negativo sobre as florestas naturais (MATICARDI et al., 2010). Operações madeireiras seletivas costumam deixar para trás uma paisagem complexa, composta de floresta, clareiras, estradas e pátios de carregamento, deixando as florestas exploradas, em diversos casos, altamente degradadas e geralmente com 40-50% de sua cobertura de copas removida durante as atividades de extração. Portanto, os impactos causados pela extração de madeira em florestas tropicais são significativos, tanto em termos de degradação florestal quanto a susceptibilidade ao fogo (NEPSTAD et al., 1999).

As políticas públicas que afetam o desenvolvimento da Amazônia podem ser classificadas em duas grandes categorias (HADDAD E REZENDE, 2001): as diretamente orientadas para a promoção do desenvolvimento regional, incluindo-se incentivos fiscais, fundos constitucionais, crédito público e investimentos em infraestrutura; no segundo grupo estariam contidas as políticas nacionais que

interferem no desenvolvimento da região, notadamente, as transferências intergovernamentais e o crédito concedido por instituições financeiras federais e internacionais.

As políticas do primeiro grupo são obviamente mais importantes para explicar os desmatamentos na região. O crédito agrícola, em particular, assume papel de destaque para a expansão da pecuária. Como o crédito não é específico para a Amazônia, torna-se difícil produzir alterações a partir de resultados eventualmente observados na região. (MARGULIS, 2003).

Segundo Oliveira (2011), os incentivos fiscais sempre foram considerados grandes vilões das políticas públicas na Amazônia. No entanto, para este autor, os incentivos explicam uma parcela relativamente pequena dos desmatamentos totais na região, e por um período limitado de tempo.

A acessibilidade é uma variável indutora dos desmatamentos, aja vista a localização geográfica fronteiriça da região amazônica. Contudo, é preciso distinguir entre estradas de penetração, que são geralmente de terra, das estradas asfaltadas, que são construídas em áreas já consolidadas, que basicamente diminuem os custos de transporte e, por conseguinte, tendem a intensificar a agricultura (PFAFF, 2007).

Brandão Jr. et al.(2007), buscando eleger os fatores mais fortes do desmatamento, citam que 92% do desmatamento na Amazônia Legal até 2003 se concentraram em um raio de 5 km ao redor das estradas, o que evidencia a relação direta entre estas e o fenômeno estudado.

Já Rodrigues (2004), relata que considerar as estradas como causadoras do desmatamento é uma visão limitada do problema, uma vez que ele é bem mais complexo. Do mesmo modo, Margulis (2003), defende que não são as estradas por si mesmas que estimulam o desflorestamento, e sim a viabilidade financeira da pecuária, a qual é ajudada pela existência de estradas. Os próprios pecuaristas e madeireiros as constroem, se a sua atividade for viável.

Quanto aos parâmetros macro que afetam os desmatamentos, incluem-se os regimes de propriedade, o produto interno bruto (PIB), o consumo de energia elétrica e a população, pois realizando uma análise dos padrões geográficos do

desflorestamento na Amazônia, Alves (2010) concluiu que esse fenômeno ocorre principalmente nas proximidades dos assentamentos populacionais pioneiros e ao redor das principais rodovias.

Margulis (2003) afirma que a maior parte do desflorestamento se deve basicamente à implantação de projetos agropecuários de larga escala. Do mesmo modo, Krug (2001), ao analisar dados do PRODES, indica que cerca de 20% do total de polígonos de desmatamento em áreas de floresta ombrófila, densa e aberta, são menores que 50 hectares e que 10% estão acima de 1.000 hectares, enquanto que 21% dos desmatamentos ocorridos em região de contato entre a Mata Amazônica e o Cerrado teriam tamanho superior a 1.000 hectares.

A criação de grandes fazendas na Amazônia é uma escolha economicamente desejável para aqueles que possuem capital. Embora a soja esteja fazendo incursões consideráveis ao longo das margens da bacia em áreas mais secas do cerrado, algumas variedades de soja permitirem o aumento da produção nos ambientes mais úmidos de áreas de floresta, possibilitando que a soja seja um dos motores do desmatamento. Os impactos de cobertura do solo pela soja são semelhantes às de pasto; ambos conduzem a depuração completa da floresta sobre extensas áreas (ALDRICH, 2006).

Uma importante contribuição a compreensão dos aspectos determinísticos do desmatamento foi dada por Pfaff et al. (2007) ao estudar, por meio de uma modelagem com dados de imagens de satélite Landsat TM, a influência das rodovias no desmatamento na Amazônia Legal de 1968 a 1987. Os autores identificaram que neste período a área desmatada cresceu mais em uma distância de até 100 km das novas rodovias (pavimentadas ou não), mas dentro da área dos municípios que as contêm. Entender que a variação do desmatamento em determinado período de tempo é função da implantação de novas rodovias é importante, mas, além disso, como alertado por outros autores, a distância das rodovias (novas ou não) é um importante fator de desmatamento, pois se correlaciona ao crescimento de atividades produtivas, principalmente a agropecuária e a extração de madeira.

As queimadas e os incêndios florestais também são uma importante força de transformação e eliminação da cobertura vegetal na Amazônia. Neste sentido, Morton

et al. (2006) aplicara numa análise extensiva de imagens de satélite (Landsat 7 ETM+ high-res) de 2001 a 2004, para estimar a contribuição do fogo relacionado ao desmatamento com os incêndios na Amazônia detectados pelos sensores MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Identificou-se que, naquele período, cerca de 40% do total de focos de incêndios detectados eram para o desmatamento, e que estes responderam por 84% dos focos de incêndios nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. Os resultados evidenciaram uma mudança nas dinâmicas regionais de desmatamento entre 2002 e 2003. A superfície florestada convertida em pastagens caiu de 78% para 66% enquanto a área de lavouras cresceu de 13% para 23% do total das áreas desmatadas neste período.

Caldas (2007) aplicou a regressão linear simples para analisar as relações entre o desmatamento acumulado até 2005 com aspectos específicos dos estabelecimentos agropecuários. Os aspectos correlacionados foram: a distância da propriedade à Rodovia Transamazônica, o número de homens ocupados nesses estabelecimentos, fertilidade do solo e o crédito rural. O autor concluiu que nenhuma das decisões sobre o uso da terra na Amazônia está livre da influência significativa das circunstâncias sociais, ou seja, é necessário compreender por que famílias pobres sentem necessidade de desmatar.

Recentemente, num estudo sobre os fatores político-econômicos do desmatamento, na porção oriental do bioma Amazônia, Gazoni & Mota (2010) realizaram uma investigação com base em uma série de dados de corte para 2007/2008, que foram relacionados, por meio de uma regressão múltipla, as taxas de desmatamento anual dos municípios desta região. Os resultados mostraram que a taxa de desmatamento era função das taxas espaciais das seguintes variáveis: 1) positivamente; o crescimento da área agropecuária, a produção de madeira em tora, a produção de carvão vegetal, a distância ao escritório regional do IBAMA mais próximo, e a área florestada; 2) negativamente; a produção do extrativismo vegetal não-madeireiro e as áreas protegidas. Os aspectos que mais influenciaram o desmatamento regional, segundo seus coeficientes Beta, foram o crescimento da área agropecuária e a produção de carvão vegetal.

Por fim, é preciso ressaltar que é preciso compreender as interações dinâmicas entre os aspectos econômicos, políticos e socioculturais com o desmatamento, para buscar seus determinantes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo abrange a área da Amazônia Legal (Figura 1), cujo conceito teve origem na Lei nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953. Com 5,1 milhões de km², a Amazônia Legal incluiu em seus domínios os sete estados da Região Norte, o Mato Grosso e parte do estado do Maranhão a oeste do meridiano 44° oeste. Em seu perímetro, se destacam 11.248 km de fronteiras internacionais e 1.482 km de costa marítima.

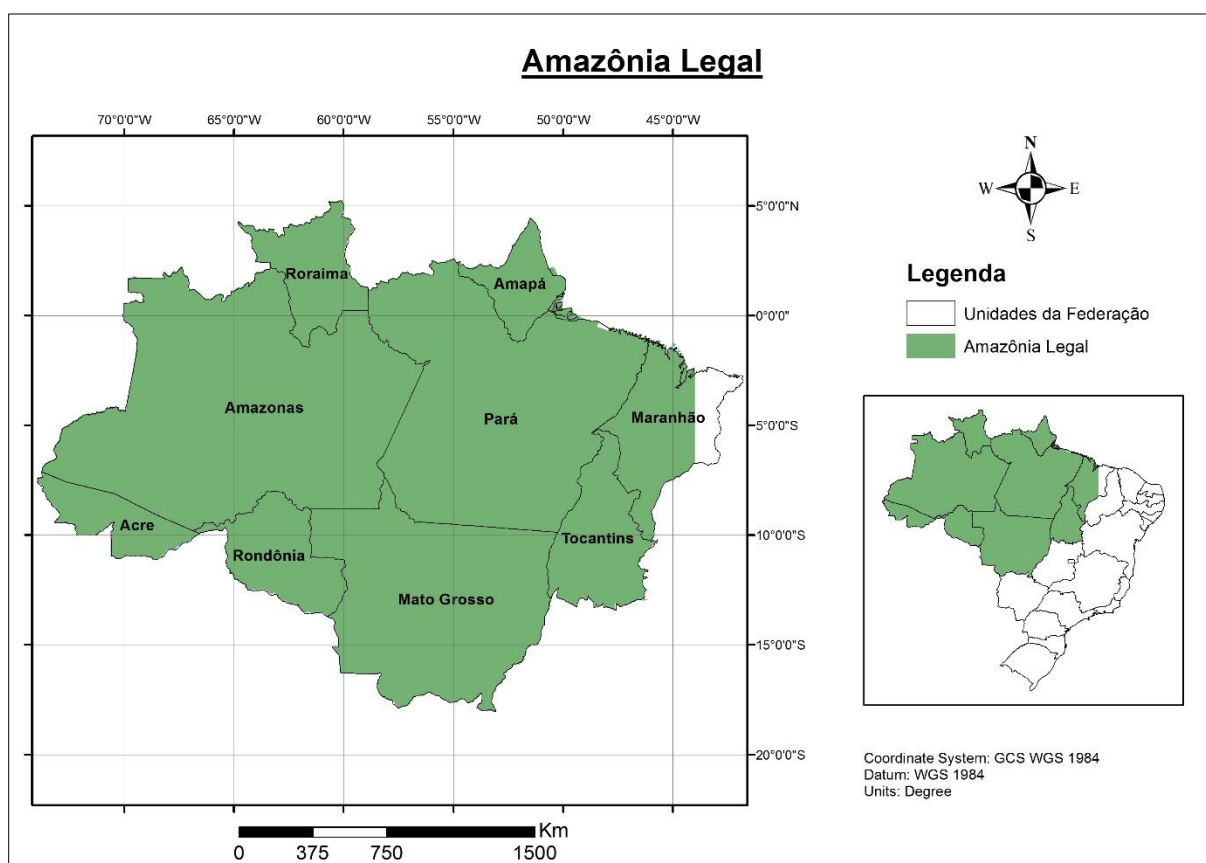


Figura 1 - Localização da área de estudo Fonte: IBAMA-SISCOM

A definição deste recorte geográfico oficial foi estabelecida pelas intenções de promoção do desenvolvimento econômico regional, especialmente nas áreas de

fronteira agropecuária, influenciando um grande número de processos de transformação relacionados ao uso da terra.

A superfície amazônica é, em grande parte, coberta por florestas densas e abertas, mas também possui uma diversidade de outros ecossistemas, como florestas de igapó, várzeas, campos alagados, savanas, campinaranas e florestas estacionais (MMA, 2009).

A Amazônia Legal está inserida na bacia do rio Amazonas, que é a maior rede hidrográfica do mundo, com 15% das águas doces superficiais não congeladas do planeta, dos quais, 3,9 milhões de km² estão localizados no Brasil. Grande parte do território do bioma Amazônico se encontra abaixo dos 100m de altitude, com relevo semi-plano ou ondulado, principalmente na extensão centro-ocidental da área de estudo, onde estão localizadas às fozes dos rios Amazonas e Tapajós (Brasil, 2009).

Devido a sua localização a Amazônia compartilha com o resto dos trópicos úmidos uma alta radiação solar, temperaturas relativamente uniformes, alta pluviosidade e umidade. Um dos fatores fundamentais para a compreensão de qualquer ecossistema é a caracterização do clima, um fator dominante pela importância e magnitude do ciclo hidrológico, pois a maior área de floresta tropical úmida no mundo é responsável pela maior reciclagem de umidade na biosfera. Atividades que interferem nesse processo têm consequências sérias, não só para a Amazônia como também para outras regiões do planeta (SANTOS, 2010)

As condições hidrológicas da Amazônia estão estreitamente relacionadas à sua posição geográfica (entre latitudes 5 graus Norte e 10 graus Sul), onde a duração dos dias varia pouco de estação para estação. A maior causa de variabilidade em insolação provém da cobertura de nuvens. As médias mensais de temperatura variam menos de três graus centígrados, mas as variações diárias podem alcançar até 15 graus centígrados em função a cobertura de nuvens, que varia a cada momento e que em média reduz em até 50% a insolação na região.

A maior parte da superfície amazônica encontra-se coberta por floresta ombrófila, densa ou aberta (71,2%). São 1.996 mil km² de florestas ombrófilas densas, 47,6% do território, e 990 mil km² de florestas ombrófilas abertas, 23,9% do bioma. Há ainda, participação importante de savanas, cerca de 350 mil km², 8,3 % dessa região;

campinaranas, 33 mil km² (1,8%); floresta estacional, 44 mil km² (1,0%); e vegetação com influência marinha, fluvial ou lacustre, com 70,7 mil km² (1,7%) na cobertura vegetal do bioma. Além disso, os dados evidenciam uma grande porção territorial já antropizada com 692 mil km², 16,5% da área da Amazônia no Brasil (MMA, 2009).

Com relação à economia, embora a Amazônia seja em certos aspectos pouco expressiva diante da de outras regiões brasileiras, ela é diversificada e bastante diferenciada entre seus estados. De forma geral, as principais atividades econômicas da região da Amazônia Legal são o extrativismo vegetal, a pecuária, a agricultura e a mineração (em especial, de ferro e bauxita) (PRATES, 2011). Em alguns pontos desta região pode ser notado o desenvolvimento de atividades industriais como a transformação de minerais no Pará, e ainda, a famosa “Zona Franca de Manaus”, região onde a economia está alicerçada nas indústrias pesadas e de eletroeletrônicas, devido à política de isenção fiscal instituída em 1967 pelo Decreto-Lei N.º 288.

Em termos biológicos é a região com maior biodiversidade de todos os continentes. O conhecimento da fauna e flora da Amazônia ainda é extremamente precário. Acredita-se que não se conheça nem a metade das espécies que habitam as suas matas e rios. A principal característica da Amazônia é a sua inacessibilidade, o que dificulta a sua exploração e estudo.

Sendo assim a comunidade científica mundial, ciente do potencial ecológico, geológico, científico e farmacológico da Amazônia, tem alertado constantemente as autoridades políticas para a necessidade de uma política de preservação e uso equilibrado da floresta. Esta política deve ser implantada o mais rápido possível para que os danos atualmente existentes sejam revertidos.

3.2. Variáveis estudadas

As escolhas das variáveis ocorreram em razão da revisão de literatura realizada sobre os estudos que tratam o desmatamento na Amazônia brasileira, que as indicavam como envolvidas no processo de degradação da floresta. A disponibilidade de dados para todos os estados da Amazônia Legal, no período de 1990 a 2012, também foi um fator considerado para a escolha das variáveis.

A Tabela 1 contém todas as variáveis presentes no estudo com suas respectivas siglas e unidades de medidas.

Tabela 1 - Demonstrativo das variáveis

Variáveis	Sigla	Unidade de medida
Desmatamento	Dm	Km ²
Bovinos	Bov	Unidades
Extração de madeira	Ext	m ³
População	Pop	Unidades
Credito rural	CR	R\$
Malha Viária	MV	Km
Produto Interno Bruto	PIB	R\$
Área de lavoura	AL	Ha
Preço da Madeira	PM	R\$/m ³

Uma breve caracterização das variáveis que foram escolhidas é apresentada na sequência:

1) Desmatamento: As evoluções do desmatamento nos estados da Amazônia Legal são apresentadas na Figura 2, Figura 3 e Figura 4.

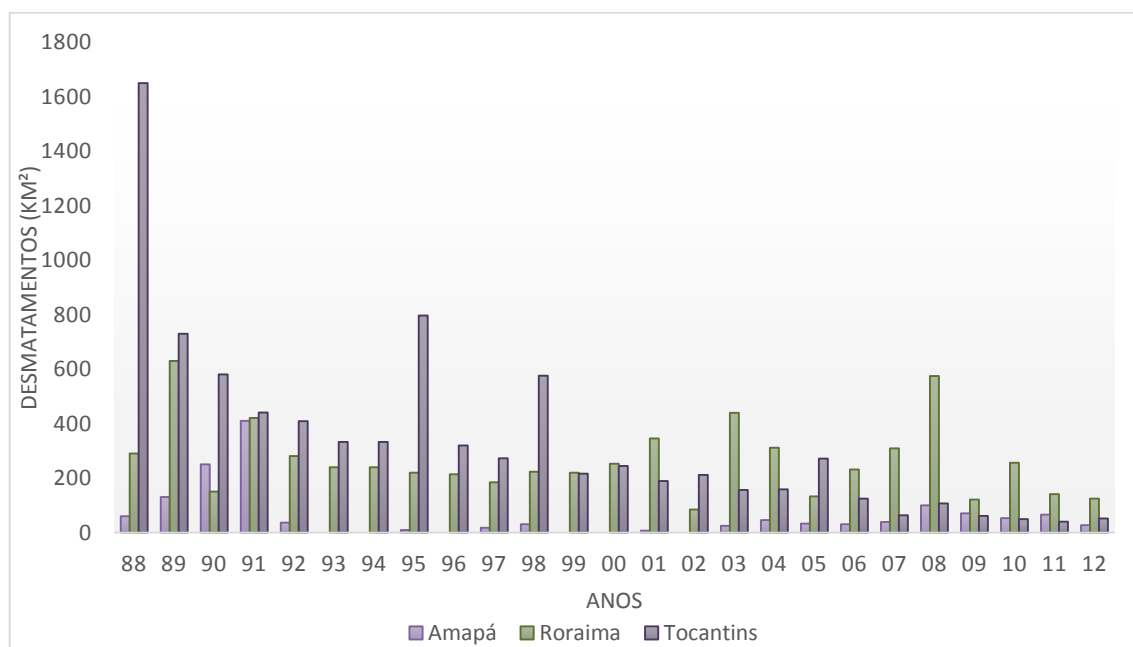


Figura 2 - Evolução do desmatamento nos estados AP, RR e TO de 1990 a 2012.

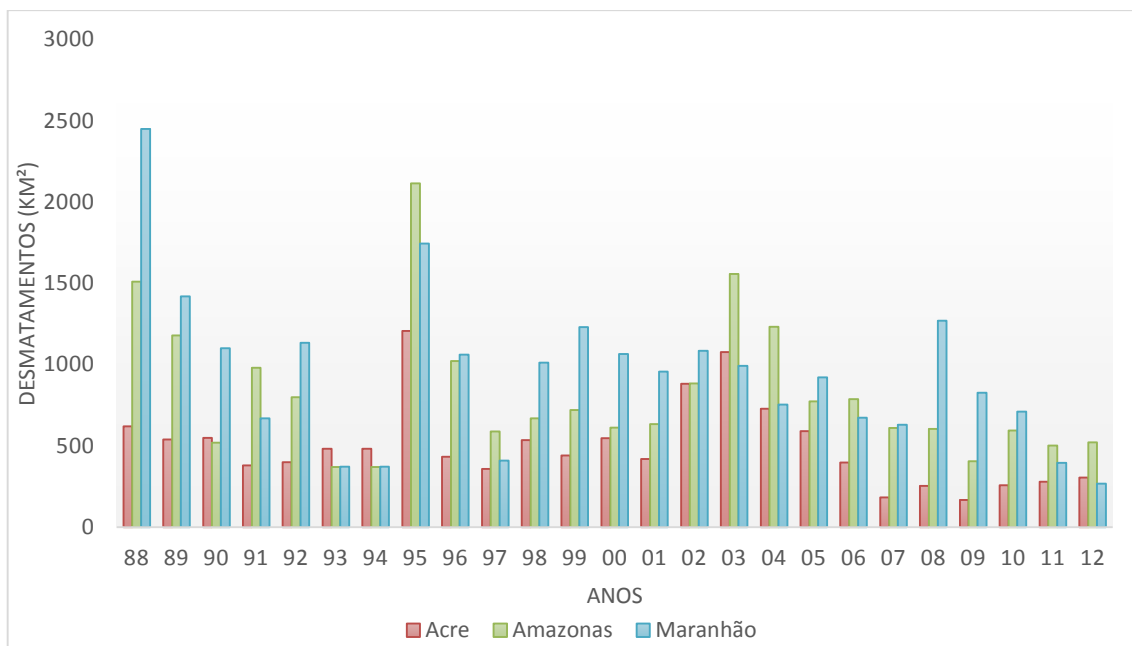


Figura 3 - Evolução do desmatamento nos estados AC, AM e MA de 1990 a 2012.

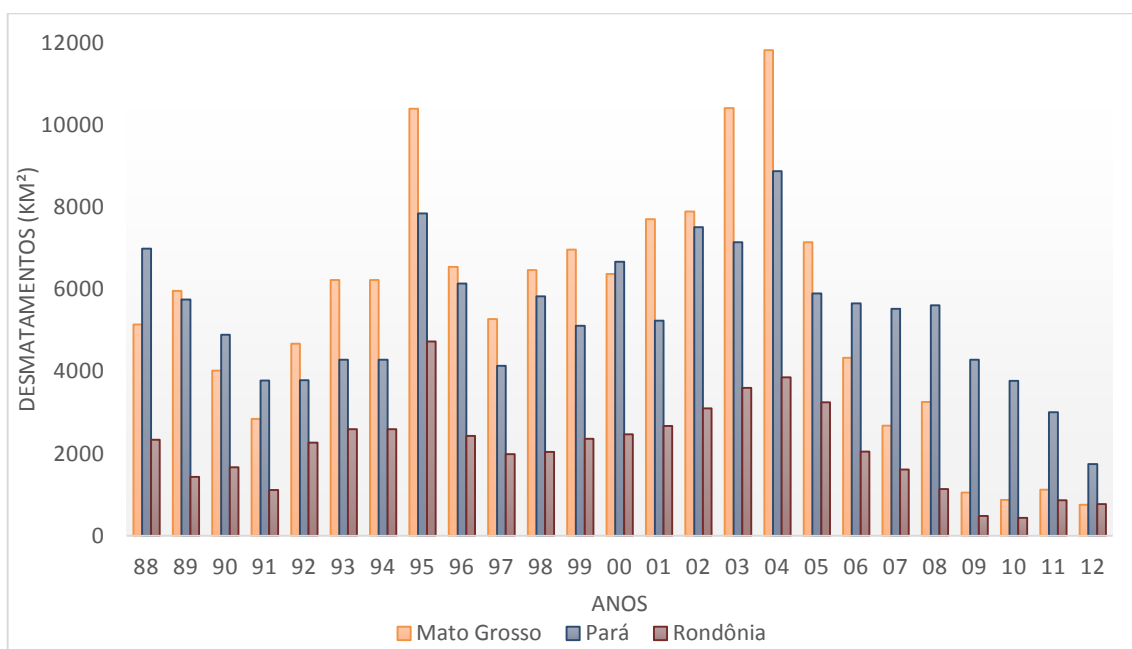


Figura 4 - Evolução do desmatamento nos estados MT, PA e RO de 1990 a 2012.

A variável “desmatamento” é representada neste estudo pelo desflorestamento, estimado pelo INPE no contexto do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), que utiliza as imagens captadas pelo Satélite LANDSAT, para toda a região amazônica.

O INPE realiza o monitoramento do desmatamento da Floresta Amazônica de forma anual desde 1988, com técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Durante esse período, o instituto desenvolveu competência científica e tecnológica amplamente reconhecida.

A partir de 2003, o programa adotou uma metodologia baseada no processamento digital de imagens de satélite (PRODES digital), que possibilitou maior velocidade na obtenção de resultados e também facilitou a divulgação destes. Antes de 2003, a metodologia era analógica e, por isso, não ficava acessível nem mesmo a outros órgãos do governo. Essa impossibilidade de divulgação dos resultados reduzia muito a capacidade do governo e da sociedade de combater o desmatamento (CÂMARA et al., 2006).

Conforme o INPE, a atual metodologia do PRODES consiste:

I) na seleção de imagens, do sensor TM (thematic mapper) acoplado ao satélite LANDSAT ou do sensor CCD (charge coupled device) do satélite CBERS, com menores coberturas de nuvens e datas de aquisição próximas a 1º de agosto (referência para o cálculo de desmatamento);

II) na aplicação de algoritmo de mistura espectral e segmentação dos componentes vegetação, solo e sombra;

III) na classificação não-supervisionada, seguida do mapeamento das classes geradas em classes informativas (desmatamento do ano, floresta etc.);

IV) na edição do resultado e elaboração de mosaicos das cartas temáticas de cada unidade federativa.

O resultado final é a detecção sistemática do desmatamento (corte raso) em áreas com no mínimo 6,25 ha, em função da resolução espacial do conjunto de imagens orbitais utilizadas. Apesar de algumas limitações, como por exemplo, as omissões das derrubadas realizadas pela extração seletiva de madeira, o PRODES possibilita um bom acompanhamento sobre o desflorestamento da região amazônica.

2) Malha viária: Representa a extensão total das estradas pavimentadas e não pavimentadas, encontradas na região estudada, sendo medida em quilômetros e

usada como uma *proxy* da medida da infraestrutura física. Os dados foram obtidos junto ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e foram mensurados em quilômetros.

3) Bovinos: Representa o número de cabeças de gado criadas nos estabelecimentos pecuários dos estados da Amazônia Legal. Serviu como fonte de dados o IPEA e o IBGE.

4) Extração Madeireira: Retrata a produção de madeira tropical em toras, utilizando dados compilados pela FAO, com os volumes de madeira (m³) em toras produzidas na Amazônia Brasileira.

5) PIB: O Produto interno bruto representa a soma (em valores monetários) de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região (quer sejam países, estados ou cidades), durante um período determinado (mês, trimestre, ano). É um indicador macroeconômico que quantifica a atividade econômica da região, e é disponibilizado pelo IBGE. Conforme apresentado na Figura 5 o estudo utilizou o PIB anual dos estados que compõem a Amazônia Legal.

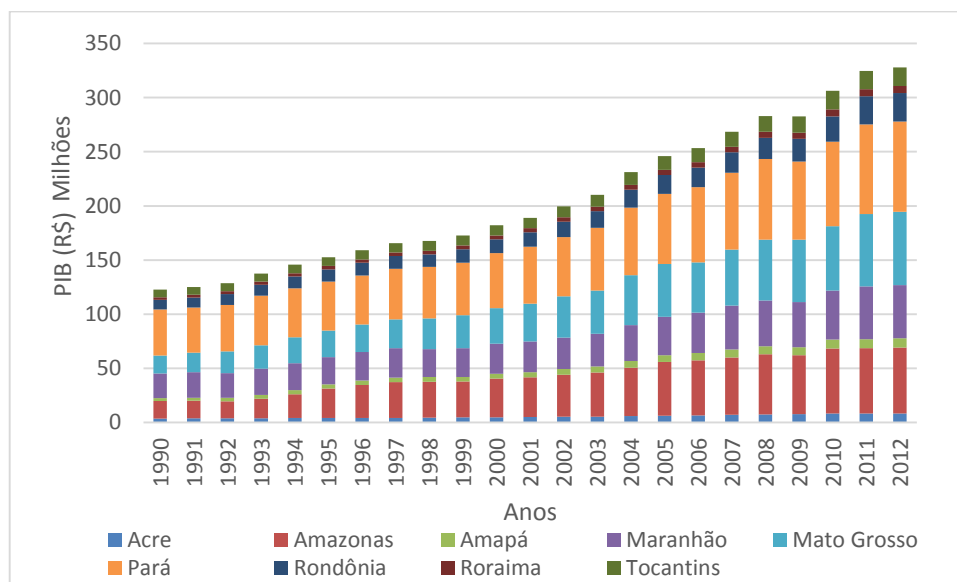


Figura 5 - PIB dos estados que compõe a Amazônia Legal.

6) População: Utilizou-se dados da população residente nos estados da Amazônia Legal obtidos por meio de censos realizados pelo IBGE conforme apresentado na Figura 6. É uma variável independente, utilizada para avaliar o efeito da dinâmica populacional nos estados da Amazônia Legal sobre a taxa de

desmatamento, pois a população é um importante fator de pressão sobre as áreas de floresta.

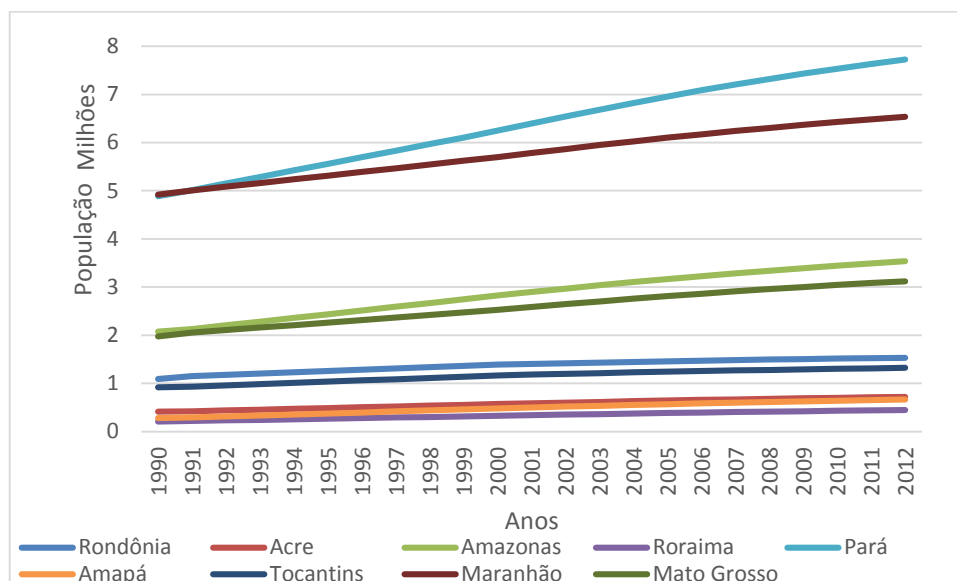


Figura 6 - População dos estados que compõe a Amazônia Legal

7) Crédito rural: É a soma dos valores das linhas de investimentos e custeio da agricultura (familiar e comercial) e pecuária; corresponde ao volume total do crédito rural em reais, fornecido pelo governo, como forma de investimentos e subsídios para a região. Os dados (Figura 7) foram fornecidos pelo Banco Central do Brasil por meio do anuário estatístico do crédito rural.

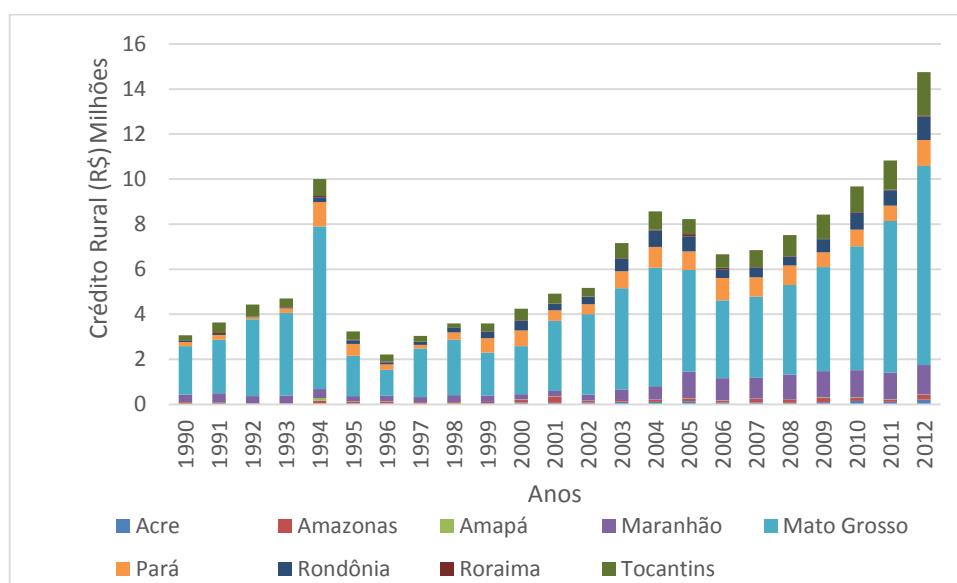


Figura 7 - Crédito rural utilizado pelos estados que compõe a Amazônia Legal.

8) Áreas de lavoura: representa os valores referentes às áreas ocupadas por lavouras permanentes e temporárias na Amazônia brasileira. Dados fornecidos pelo IBGE.

9) Preço da madeira: Valores do preço em reais por m³, obtidos a partir do quociente entre o valor da produção e o volume de madeira extraído da Amazônia Legal durante o referido período, tendo como fonte a FAO.

Para embasamento das escolhas das variáveis explicativas encontram-se na Tabela 2 diferentes trabalhos e autores que também utilizaram essas variáveis no intuito de estudar e compreender o desmatamento na Amazônia.

Tabela 2 - Variáveis explicativas do desmatamento na Amazônia segundo diferentes autores

Variáveis explicativas	Trabalhos
Bovinos	Miragaya, 2008; Gazoni, 2011.
Extração de madeira	Matricardi et al., 2013; Asner, 2005.
População	Alves, 2010; Ferreira, 2011.
Credito rural	Angelo, 2008; Hargrave, 2013.
Malha Viária	Godar, 2012; Pfaff et al., 2007.
Produto Interno Bruto	Hargrave, 2013; Ferreira, 2011.
Área de lavoura	Silva, 2006; Cattaneo, 2005;
Preço da Madeira	Angelo, 2008; Hargrave, 2013;

3.3. Amostra

Os dados foram organizados em forma de painel, onde, para cada um dos nove estados que compõe a Amazônia Legal, foram coletados dados para o período de 1990 a 2012, fazendo com que o espaço amostral tivesse um “n” igual a 207. Como foram utilizadas 8 variáveis explicativas mais o desmatamento como variável dependente, criou-se uma matriz de 9 x 207, contabilizando 1863 elementos.

3.4. Base de dados

Os dados são de séries temporais de cada variável escolhida, compreendendo o período de 1990 a 2012 para cada estado da Amazônia Legal, e foram coletados por meio de consultas à literatura especializada e a organizações governamentais e não-governamentais pertinentes.

Os dados tiveram como fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Fundação Getúlio Vargas (FGV), Food and Agricultural Organization (FAO), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Ministério dos Transportes, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Banco Central do Brasil (BACEN) e o Anuário Estatístico do Brasil do IBGE.

3.5. Tratamento prévio dos dados

Todas as séries monetárias estão em reais, sendo deflacionadas, para que a inflação não causasse distorções nos resultados das análises. Para atualizar os valores para o ano de 2012, se fez necessário à utilização de um índice de inflação. Neste caso, optou-se pela utilização do Índice Geral de Preços - disponibilidade interna, o IGP-DI, mantido pela Fundação Getúlio Vargas.

3.6. Esquema metodológico



Figura 8 - Esquema metodológico do estudo.

3.7. Análise estatística

O conjunto de dados passou por análises estatísticas utilizando-se os métodos da análise de correlação e da análise multivariada discriminante.

De modo geral, a análise multivariada é formada por um conjunto de métodos estatísticos, cuja finalidade consiste em otimizar a interpretação de grandes conjuntos de dados, pois, examina variáveis simultaneamente, tendo como objetivo trabalhar dados multivariados, reduzindo-os e revelando suas estruturas. As variáveis múltiplas são consideradas em conjunto, tal como um sistema de medida (HAIR, 2009).

O método de análise multivariada discriminante teve sua seleção em função de sua robustez e da natureza dos objetivos especificados neste estudo.

Os softwares STATISTICA versão 8.0 e SPSS versão 20 executaram as análises estatísticas realizadas no estudo.

3.7.1. Análise de correlação

A análise de correlação utilizada, mede a relação entre duas ou mais variáveis. Para medir o grau de associação entre as variáveis do estudo emprega-se a análise de correlação entre elas. O resultado desta análise mostra uma primeira aproximação das variáveis relacionadas, ou seja, os fatores que afetam o processo (GUJARATI, 2011). O coeficiente de Pearson e o P-valor validam a hipótese decorrente das correlações observadas.

Correlação é a medida de associações entre duas ou mais variáveis, ou seja, estima à associação entre uma variável e as demais, além de suas inter-relações. Enquanto na análise de regressão, as variáveis dependentes e explicativas são tratadas de forma assimétrica, na correlação, quaisquer duas variáveis são tratadas simetricamente, não havendo distinção entre dependente e explicativa (VICINI, 2005).

O valor de r está sempre entre -1 e $+1$, com $r = 0$ correspondendo à não associação linear. Valores negativos de r (quando $r < 0$) indicam uma associação negativa, ou seja, à medida que x cresce, y decresce (em média). Por outro lado, quando $r > 0$, temos uma correlação positiva e à medida que x cresce, y também

cresce. Quanto maior o valor de r (positivo ou negativo), mais forte é a associação linear entre as variáveis (VICINI, 2005).

Esta análise permitiu verificar a correlação do desmatamento com as variáveis selecionados pelo presente estudo, além de, possibilitar uma visão global do relacionamento entre todos os determinantes.

3.7.2. Análise discriminante

A análise discriminante é uma técnica estatística que auxilia a identificar quais as variáveis que diferenciam os grupos estudados, e quantas dessas variáveis são necessárias para obter a melhor classificação dos indivíduos de uma determinada população (CORRAR, 2009). Essa técnica, busca encontrar uma variável que é a combinação linear de outras (independentes), e que seja capaz de explicar, da melhor forma possível, as diferenças entre os grupos. Essa combinação linear também é conhecida como função discriminante:

$$Z_{jk} = a + W_1X_{1k} + W_2X_{2k} + \dots + W_nX_{nk} \quad (1)$$

Onde Z_{jk} = escore Z discriminante da função discriminante j para o objeto k; a=intercepto; W_n = coeficiente discriminante para a variável independente i; X_{nk} = variável independente i para o objeto k.

O escore (Z), presente na equação 1, fornece uma maneira direta de comparar observações em cada função. A função discriminante pode ser expressa com pesos e valores padronizados ou não-padronizados, sendo que a versão padronizada é mais útil para fins de interpretação (HAIR, 2009).

No contexto deste trabalho a variável dependente foi o desmatamento, com uma categorização em três grupos (alto, médio e baixo). Esta categorização foi baseada nos quartis da distribuição dos valores anuais do desmatamento por estado, onde os valores inferiores ao primeiro quartil (quartil inferior) foram categorizados como baixo, os valores entre o primeiro e o terceiro quartil (quartil superior) caracterizados como médio e os desmatamentos com valor acima ao do quartil superior foram qualificados como alto.

As variáveis independentes, escolhidas de acordo com a revisão da literatura e disponibilidade dos dados, sendo fundamentais para a qualidade e elaboração da função discriminante. Em outras palavras, quando se utiliza a análise discriminante é essencial medir, nos elementos amostrais, variáveis que consigam realmente discriminar as populações (grupos), caso contrário, a qualidade do ajuste da regra de discriminação fica comprometida (JOHNSON e WICHERN, 2007).

Existem métodos de seleção automática de variáveis que podem auxiliar na busca das variáveis-resposta com capacidade discriminativa. Dentre os métodos existentes, o *stepwise* é um dos mais recomendáveis e foi o método escolhido para ser utilizado.

A análise discriminante *stepwise* com o método do Lambda (Λ) de Wilks foi utilizada para identificar qual ou quais variáveis sob estudo permitem discriminar respeitando um grau de significância os 3 grupos de intensidade do desmatamento (alto, médio, baixo). Neste método, as variáveis são incluídas ou removidas consoante ao fato de sua inclusão diminuir significativamente (ou não) o valor de Λ . O Lambda é calculado como SQE/SQT . Portanto, as variáveis a incluir maximizam significativamente as diferenças entre os grupos e minimizam a heterogeneidade dentro dos grupos. Uma vez calculado o Λ e feita a sua aproximação à distribuição F-Snedecor ou à Qui-quadrado, é possível definir uma probabilidade de significância mínima, para que as variáveis em estudo possam ser incluídas/excluídas da análise (MAROCO, 2007).

O Valor de F para a alteração de Λ sempre que uma variável entra ou sai do modelo é:

$$F = \left(\frac{n - g - p}{g - 1} \right) \left(\frac{1 - \frac{\Lambda_{p+1}}{\Lambda_p}}{\frac{\Lambda_{p+1}}{\Lambda_p}} \right) \quad (2)$$

Onde n é a dimensão global da amostra, g é o número de grupos, p o número de variáveis independentes Λ_p é o valor do lambda de Wilks antes da adição/remoção da nova variável e Λ_{p+1} é o valor do lambda de Wilks depois da adição/remoção da nova variável. Esta estatística possui distribuição F-snedecor com $(g-1)$ e $(n-g-p)$ graus

de liberdade, e a probabilidade de significância associada mede a significância da adição/remoção da nova variável.

Ademais conforme Hair (2009), existem suposições-chave para determinar as funções discriminantes que são a normalidade multivariada das variáveis independentes e a homogeneidade das matrizes de variância e covariância.

De acordo com Corrar (2007), a suposição de homogeneidade das matrizes de variância e covariância pode afetar os resultados da análise discriminante, principalmente (como é o caso deste estudo) se o objetivo da análise for identificar as características (variáveis) que melhor diferenciam os grupos de observações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise de correlação

A análise de correlação, neste trabalho, funcionou como uma avaliação prévia, possibilitando uma análise global das variáveis utilizadas, além de identificar prováveis casos de multicolinearidade. É possível fazer essa avaliação pela Matriz de Correlação, apresentada na Tabela 2.

Conforme os resultados obtidos (Tabela 3), foram estatisticamente significativos a 5% de probabilidade e apresentaram um coeficiente de correlação de Pearson, que indica a existência de uma forte correlação, os coeficientes entre as variáveis: áreas de lavoura, bovinos, crédito rural e malha viária. Outra correlação que também apresentou um coeficiente estatisticamente significativa e alto foi a correlação entre as variáveis População e PIB.

Caso as variáveis que apresentaram alta correlação sejam selecionadas pelo procedimento *stepwise*, a multicolinearidade poderá trazer problemas à Função Discriminante, já que esta apresenta uma certa sensibilidade a esta condição.

Outrossim, a análise de correlação é uma análise superficial e por vezes é insuficiente para explicar a variância das variáveis e seus relacionamentos. Tal restrição pode ser contornada aplicando-se análises mais robustas como as técnicas multivariadas.

Tabela 3 - Matriz de correlação entre as variáveis.

	<i>Dm</i>	<i>AL</i>	<i>EM</i>	<i>Pop</i>	<i>Bov</i>	<i>CR</i>	<i>PM</i>	<i>PIB</i>	<i>MV</i>
Desmatamento (Dm)	1,000								
Área de lavoura (AL)	0,461*	1,000							
Extração de madeira (EM)	0,441*	0,044	1,000						
População (Pop)	0,444*	0,251*	0,410*	1,000					
Bovinos (Bov)	0,649*	0,838*	0,174*	0,427*	1,000				
Crédito rural (CR)	0,451*	0,904*	0,027	0,179*	0,810*	1,000			
Preço da madeira (PM)	0,071	0,164*	0,241*	0,112	0,191*	0,121	1,000		
PIB	0,503*	0,467*	0,366*	0,842*	0,639*	0,423*	0,096	1,000	
Malha viária (MV)	0,582*	0,806*	0,122	0,501*	0,801*	0,767*	0,096	0,489*	1,000

* valores significativos a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

4.2. Análise discriminante

Primeiramente, utilizando o teste de igualdade de médias dos grupos, foi possível fazer uma avaliação preliminar na busca da identificação de quais variáveis são as melhores discriminadoras para os grupos em estudo. A Tabela 4 mostra o resultado desse teste.

Tabela 4 - Testes de igualdade de médias de grupo

Variáveis	Lambda de Wilks	Z	df1	df2	Sig.
Área de lavoura	0,842	19,092	2	204	0,000
Extração de madeira	0,764	31,566	2	204	0,000
População	0,716	40,447	2	204	0,000
Bovinos	0,630	59,816	2	204	0,000
Crédito rural	0,858	16,840	2	204	0,000
Preço da madeira	0,984	1,694	2	204	0,186
PIB	0,684	47,158	2	204	0,000
Malha viária	0,699	43,854	2	204	0,000

Pelo Lambda de Wilks, quanto menor a estatística da variável, melhor seu poder de discriminação dos grupos. Sendo assim, conforme observado na Tabela 4, a variável “Bovinos” é a que tem o melhor poder para discriminar os grupos do desmatamento, visto que apresentou o menor valor da estatística de Wilks.

Na tabela supracitada também é apresentado o teste F-ANOVA, que auxilia na interpretação e avaliação do teste anterior. Neste teste, a variável “Bovinos” é confirmada como uma boa opção e a variável “Preço da Madeira” é descartada como uma possível candidata a ser incluída na função de discriminação.

Para se verificar a igualdade das matrizes de variância e covariância, foi usado o Teste M de Box. O objetivo desse teste é verificar a hipótese nula de que as matrizes são iguais (homogêneas). O resultado do referido teste é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Teste M de box.

Resultados do teste		
M de Box		1243,909
Z	Aprox.	39,810
	df1	30
	df2	73453,238
	Sig.	0,000

De acordo com o teste M de Box, o pressuposto da homogeneidade das matrizes de variância-covariância não é válido, pois o teste indicou a violação desta premissa, uma vez que foi utilizado um nível de significância de 0,05.

Com base no teste, a hipótese H0 foi rejeitada, o que significa ausência de homocedasticidade. No entanto, foi dado prosseguimento aos procedimentos da análise discriminante.

Conforme enfatizado na metodologia, utilizou-se o processo *stepwise*, para selecionar as variáveis que melhor discriminem as populações. O resultado desse procedimento está exposto na Tabela 6.

Tabela 6 - Variáveis inseridas^{a,b,c,d}

Etapa	Inseridas	Lambda de Wilks							
		Estatística	df1	df2	df3	F exato	df1	df2	Sig.
						Estatística			
1	Bovinos	,630	1	2	204,00	59,816	2	204,00	,000
2	Extração de madeira	,482	2	2	204,00	44,726	4	406,00	,000
3	População	,423	3	2	204,00	36,189	6	404,00	,000
5	Área de lavoura	,398	4	2	204,00	29,403	8	402,00	,000
6	Malha viária	,373	5	2	204,00	25,521	10	400,00	,000

Em cada etapa, a variável que minimiza o Lambda de Wilks geral é inserida.

- a. O número máximo de etapas é 16.
- b. A significância máxima do F a ser inserido é .05.
- c. A significância mínima do F a ser removido é .10.
- d. Nível f, tolerância ou VIN insuficiente para cálculos adicionais.

O procedimento *stepwise* incluiu as variáveis com grande poder discriminatório e que foram menos relacionadas entre si (correlacionadas). Sendo assim, foram incluídas as seguintes variáveis, nesta ordem de entrada:

- Bovinos (Bov);
- Extração da Madeira (EM);
- População (Pop);
- Área de Lavoura (AL);
- Malha Viária (MV).

As demais variáveis não selecionadas (PIB, Crédito rural e Preço da madeira), pois de acordo com o método *stepwise* essas variáveis não iriam contribuir para um aprimoramento das funções discriminantes.

A discriminação entre os grupos, gerada pelas seis variáveis explicativas, foi estatisticamente significativa nos seis passos do procedimento, de acordo com o p-valor. Assim, pode-se dizer que a análise discriminante sinalizou que são necessárias estas cinco variáveis para diferenciar os grupos com alto, médio ou baixo desmatamento.

A Tabela 7 apresenta os dados do autovalor de cada função. Essa estatística indica que a primeira função possui um grau de superioridade sobre a segunda função. O poder explicativo de cada função é dado pela correlação canônica, que nesse caso foi de 0,755 para a primeira função e de 0,365 para segunda. Elevando esses números ao quadrado tem-se uma medida do poder explicativo: com a primeira função é possível explicar 57% da classificação e com a segunda função 13,3%, ou seja, as funções conseguem explicar a 70,3% da variância total.

Tabela 7 - Eigenvalues (Valores próprios)

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	1,325 ^a	89,6	89,6	0,755
2	0,154 ^a	10,4	100,0	0,365

No próximo passo da análise foi verificado se as médias populacionais dos grupos foram estatisticamente diferentes entre si, indicando que a função tem alta capacidade de discriminar os elementos entre os grupos. Para se testar a significância das funções discriminantes, utilizou-se o Teste de Wilks' Lambda. O resultado desse teste é mostrado na Tabela 8.

Tabela 8 - Lambda de Wilks

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	Sig.
1 até 2	0,373	199,370	10	0,000
2	0,866	28,951	4	0,000

O Teste de Wilks' Lambda mostrou que se pode rejeitar a hipótese nula de que as médias dos dois grupos em análise são iguais, confirmando que as duas funções são significativas e conseguem discriminar bem os grupos.

Na Tabela 9 é possível observar a eficiência da classificação das amostras realizada a partir das funções discriminantes criadas.

Tabela 9 - Resultados da classificação ^{a,c}

			Associação ao grupo prevista			Total
			Baixo	Médio	Alto	
Original	Contagem	Desmatamento Baixo	16	36	0	52
		Médio	5	87	12	104
		Alto	0	7	44	51
	%	Baixo	30,8	69,2	,0	100,0
		Médio	4,8	83,7	11,5	100,0
		Alto	,0	13,7	86,3	100,0
Com validação cruzada ^b	Contagem	Desmatamento Baixo	15	37	0	52
		Médio	9	82	13	104
		Alto	0	8	43	51
	%	Baixo	28,8	71,2	,0	100,0
		Médio	8,7	78,8	12,5	100,0
		Alto	,0	15,7	84,3	100,0

a. 71,0% de casos agrupados originais classificados corretamente.

b. A validação cruzada é feita apenas para os casos da análise. Na validação cruzada, cada caso é classificado pelas funções derivadas de todos os casos diferentes desse caso.

c. 67,6% de casos agrupados com validação cruzada classificados corretamente.

Considerando a amostra que deu origem as funções discriminantes, pode-se observar que 30,8% das amostras consideradas como desmatamento baixo foram corretamente classificadas. Já o percentual dos casos com desmatamento médio, foi de 83,7% e por fim, para o desmatamento considerado alto, 86,3% das taxas foram corretamente classificadas. Quanto ao índice global, 71% das taxas anuais de desmatamento por estado foram classificadas corretamente.

Com relação a validação cruzada (em que cada caso é classificado com as funções de classificação deduzidas sem esse caso), o índice global de acerto foi de 67,6%.

Diante desses resultados, pode-se dizer que as Funções Discriminantes Lineares de Fisher criadas tiveram um bom desempenho, indicando que o modelo discriminante é válido e tem níveis adequados de significância estatística, pois a proporção de sucesso (índice global) da classificação foi superior ao critério de chance máxima 62,8% e ao critério de chance proporcional 47,0%. Destaca-se a classificação das amostras pertencentes ao grupo de desmatamento alto, dada a alta proporção de acerto.

Na Tabela 10 é possível visualizar os coeficientes padronizados das variáveis que compõe as funções discriminantes criadas a partir da metodologia escolhida.

Tabela 10 - Coeficientes das funções discriminantes padronizados

Variáveis	Função	
	1	2
Área de lavoura	-0,820	0,864
Extração de madeira	0,638	-0,433
População	-0,053	1,120
Bovinos	1,050	-0,749
Malha viária	0,577	-0,248

Comparando os coeficientes da Tabela 10 com os coeficientes presentes na Tabela 11 é possível observar que, após a rotação das funções, que neste caso foi a rotação “Varimax”, houve uma melhora na distribuição das cargas o que facilita a avaliação dos coeficientes.

Tabela 11 - Coeficientes de funções discriminantes canônicas padronizados rotacionados^a

Variáveis	Função	
	1	2
Bovinos	1,192*	-,493
Área de lavoura	-,993*	,658
Extração de madeira	,718*	-,278
Malha viária	,618*	-,112
População	-,304	1,079*

*. Maior coeficiente absoluto da variável entre as funções discriminantes

a. % de variância por função 1 = 85,6, função 2 = 14,4

A seguir, é possível analisar a matriz dos coeficientes estruturais (Tabela 12), que forneceu a correlação entre as variáveis independentes e as duas funções discriminantes.

Tabela 12 - Matriz de estruturas

	Função	
	1	2
Bovinos	0,665*	0,096
Malha viária	0,559*	0,322
Extração de madeira	0,482*	-0,111
Área de lavoura	0,369*	0,210
População	0,469	0,824*

*. Maior correlação absoluta entre cada variável e qualquer função discriminante

Os coeficientes estruturais, ou cargas discriminantes, forneceram o grau de importância das variáveis na função. Quanto maior o valor absoluto do coeficiente estrutural da variável, maior o seu poder discriminante. Sendo assim, as variáveis descritivas da primeira função são as variáveis: Bovinos (Bov), Malha Viária (MV); Extração da Madeira (EM) e Área de Lavoura (AL). Já a variável População é a variável descritiva da segunda função.

Tabela 13 - Índice de Potência

Variáveis	Índice de potência
Bovinos	0,397
Malha viária	0,291
População	0,268
Extração de madeira	0,209
Área de lavoura	0,127

A partir dos resultados obtidos na Tabela 13, é possível afirmar que, de acordo com o índice de potência, as variáveis que melhor diferenciaram se o de desmatamento foi alto, médio ou baixo foram as seguintes variáveis, nessa respectiva ordem: Bovinos, Malha viária, População, Extração de madeira e Área de lavoura.

Dessa forma, a variável “Bovinos”, que representa o número de cabeças de gado presentes nos estados da Amazônia Legal, ocupou o lugar de destaque nesta análise do fenômeno do desmatamento, demonstrando a forte influência da pecuária sobre o desmatamento na Amazônia brasileira.

Conquanto, diversos estudos também mostram que a pecuária bovina (MIRAGAYA, 2008), a malha viária (PFAFF et al. 2007), a população (ALVES, 2010), a extração de madeira (ASNER et al., 2005), e as áreas de lavoura (CATTANEO, 2005), são determinantes do desmatamento na Amazônia brasileira. No entanto, o diferencial do presente trabalho foi a identificação da ordem de importância ou magnitude citada acima, ou seja, as variáveis que melhor discriminaram se o desmatamento foi alto, médio ou baixo em uma ordem de importância.

A Figura 9 apresenta o mapa territorial e a representação gráfica dos centroides de cada grupo nas funções discriminantes. No mapa, é possível visualizar que a função 1 consegue separar o grupo alto dos grupos com desmatamento baixo e médio, já a função 2 separa os grupos baixo e médio, entretanto é possível observar uma substancial sobreposição entre estes grupos o que prejudica o nível de classificação do grupo de desmatamentos baixo.

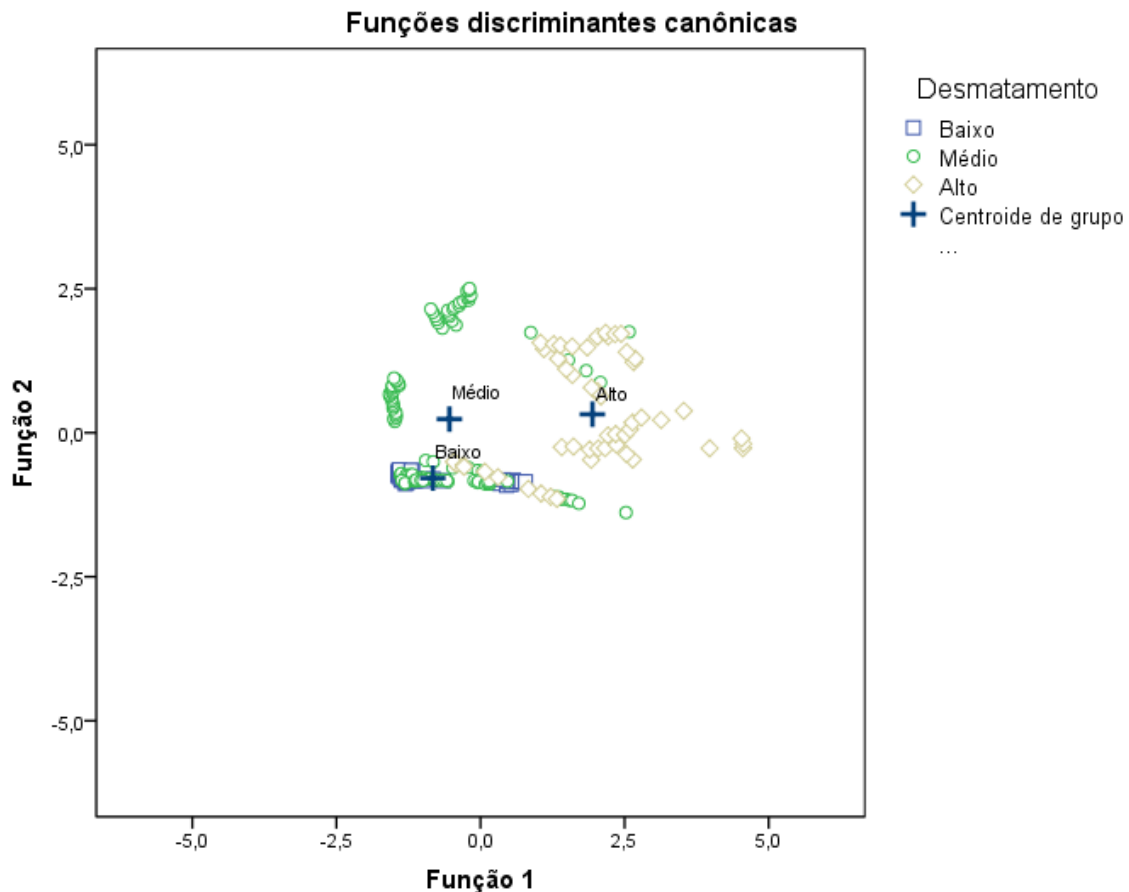


Figura 9 - Mapa territorial das duas funções discriminantes

Em linhas gerais os resultados indicam que deveria haver uma preocupação séria com o zoneamento do espaço florestal e a implementação da conservação e de florestas públicas manejadas, estabelecimento de mecanismos de financiamento e redução de custos de investimentos para estimular práticas sustentáveis, e a criação de instrumentos que restrinjam e tornem mais caro o desmatamento são algumas das políticas públicas que necessitam ser implementadas.

Devido ao impacto causado pelas variáveis destacadas nesse trabalho como determinantes do desmatamento é recomendada uma imediata prioridade a esses fatores para elaboração de políticas destinadas a lidar com o desmatamento na Amazônia.

Podemos afirmar que, de acordo com o resultado, existem três grandes forças: a expansão agropecuária, a expansão demográfica e a exploração madeireira, onde essas forças são interligadas e pressionam o desmatamento em

conjunto. Com relação a expansão da população, essa pressão vem acompanhada com o aumento de infraestrutura, principalmente as estradas que também ganhou um destaque nesse trabalho.

Angelo (2008) defende a adoção de incentivos econômicos como forma de reduzir a taxa de desmatamento e estimular o manejo sustentável. A falta desses incentivos faz com que seja mais interessante economicamente a utilização dos solos amazônicos para outras finalidades.

Assim na seção referentes aos Mecanismos e ações o objetivo foi de valorizar a floresta para que a sua manutenção e o seu uso sustentável se tornem mais atrativos do que usos alternativos como a agropecuária ou a própria extração madeireira. Optou-se por ações e mecanismos de incentivo porque, embora as ações de comando e controle sejam essenciais ao combate do desmatamento, elas não são suficientes para estancar a continuidade do desmatamento e estabelecer a conservação e o uso sustentável da floresta amazônica.

4.3. Mecanismos e Ações

As razões para o desmatamento são inúmeras, mas uma das principais é o fato de os atores responsáveis pelo desmatamento legal e ilegal atribuírem à floresta um baixo valor econômico, social e ambiental. Esse baixo valor, associado a uma série de políticas equivocadas e ações de comando e controle relativamente ineficientes, leva a continuidade do desmatamento.

Por isso é necessário atribuir maior valor à floresta, e para isso incentivos fiscais e creditícios poderiam ser repassados aos proprietários que praticam a conservação e a preservação da área. As ações que promovam o uso sustentável da floresta, como o manejo florestal, ecoturismo e outras, devem ser estimuladas financeiramente com capital a custo e prazos compatíveis (ANGELO, 2008).

Com base em uma visão global e nos resultados obtidos, foram recomendados, na sequência do trabalho, mecanismos e ações para serem utilizados com intuito de minimizar o dano ambiental que representa o desmatamento.

Os dois mecanismos escolhidos que serão apresentados a seguir possuem grande potencial no combate à prática do desmatamento, principalmente porque os resultados do trabalho realizado indicam que o valor da floresta é um ponto chave para que o indivíduo opte pela conservação e não pela transformação da floresta em outro tipo de uso.

O primeiro mecanismo é a cota de reserva ambiental (CRA), que está presente no novo código florestal, e o segundo mecanismo é o programa de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+)

4.3.1. Cota de Reserva Ambiental (CRA)

O Código florestal de 2012 introduziu novos mecanismos para abordar o manejo do fogo, o carbono florestal e pagamentos por serviços ambientais, o que poderia reduzir o desmatamento e trazer benefícios ambientais. No entanto, talvez o novo mecanismo mais importante seja a Cota de Reserva Ambiental (CRA).

A nova Legislação Florestal em seu art. 44 instituiu a Cota de Reserva Ambiental (CRA), que consiste em um título normativo representativo de área com vegetação nativa, existente ou em processo de regeneração. A emissão de CRA será feita mediante requerimento do proprietário, após inclusão do imóvel no CAR e laudo comprobatório emitido pelo próprio órgão ambiental ou por entidade credenciada, assegurado o controle do órgão federal competente do Sisnama, na forma de ato do Chefe do Poder Executivo (§ 1º do art. 44).

O proprietário ou possuidor de imóvel rural que detinha, em 22 de julho de 2008, área de Reserva Legal em extensão inferior ao previsto no art. 12 (80% floresta na Amazônia Legal, 35% cerrado na Amazônia Legal e 20% demais áreas do Brasil), poderá regularizar sua situação, independentemente da adesão ao PRA, adotando-se entre outras medidas e compensação da Reserva Legal, sendo que esta compensação deverá ser precedida pela inscrição da propriedade no CAR e poderá ser feita mediante aquisição de Cota de Reserva Ambiental (inciso III e § 5º, I do art. 66).

O CRA (superávit) de uma propriedade pode ser utilizada para compensar uma dívida de reserva legal em outra propriedade no mesmo bioma e, de preferência, no mesmo estado. A implementação do CRA poderá criar um mercado

para negociação das terras florestais, agregando valor monetário a vegetação nativa. Este mercado CRA poderia diminuir a dívida de reserva legal. Considerando os altos custos de restauração florestal, a troca de CRAs poderia se tornar uma maneira efetiva para facilitar o cumprimento da legislação, enquanto isso protegendo os excedentes florestais que poderiam ser legalmente desmatados. A utilização equilibrada dos CRAs deve se concentrar em melhorar os atributos funcionais e ecológicos de paisagens florestais, por exemplo, integridade do habitat (e, portanto, biodiversidade), os estoques de carbono e regulação do balanço hídrico, cruciais para a manutenção de geração de energia hidrelétrica no Brasil (SOARES-FILHO, 2014).

Dentro desta perspectiva a Cota de Reserva Legal Ambiental contribui para superar a concepção eminentemente coativa e punitiva de nossa legislação ambiental e assume o papel de instrumento econômico que pode estimular condutas e implementar políticas públicas.

Uma das chaves para o sucesso da CRA é o Sistema Ambiental Rural Registro (SICAR), um sistema Web georreferenciada que permitirá a documentação de mais de 5 milhões de propriedades rurais, melhorando a transparência e fornecer um caminho para a conformidade ambiental. O SICAR facilitará o mercado de CRAs e pagamentos por serviços ambientais, o que será fundamental para compensar os custos muitas vezes altos de restauração florestal, especialmente para os pequenos proprietários.

A CRA, portanto, configura-se como um instituto de enorme potencial na medida em que permite uma ágil adequação à lei. Contudo, necessita de instrumentos que garantam segurança de oferta, demanda e preços para os vendedores e compradores, sob pena de tornar-se um mecanismo inútil (DAL BOSCO, 2013).

Até o momento apenas a legislação do Código Florestal prevê o CRA, sendo estabelecidas apenas em normas gerais. Impõe-se que os estados, e mesmo a união em âmbito federal, regulamentem o referido instituto. Dessa forma, será possível a existência de mercados estaduais de CRA, devidamente regulados pelo

poder público, mas regidos pelos princípios do capitalismo previsto pelo constituinte no art. 170 da Constituição de 1988 (DAL BOSCO, 2013).

4.3.2. Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD+)

Enfrentar o desmatamento ilegal torna-se urgente diante do quadro de mudanças climáticas, e se constitui em um desafio imposto não apenas ao poder público, mas também à sociedade brasileira, alcançando ademais a comunidade internacional, ante a contribuição dada pelo desmatamento e a degradação das florestas tropicais para o aquecimento global. O Brasil tem alcançado um sucesso sem precedentes na redução do desmatamento na Amazônia. No entanto, esse ganho ainda não está consolidado, pois recentemente as taxas de desmatamento voltaram a crescer na Amazônia

Nesse contexto o Pagamento por Serviços Ecológicos tem-se revelado como alternativa que abre inúmeras possibilidades, dentre as quais o emprego da Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação, mais o manejo sustentável das florestas (REDD+), pode contribuir significativamente para promover a transição de uma economia de exploração predatória para uma economia de baixo carbono.

A Redução de Emissões provenientes do Desmatamento e Degradação Florestal (REDD) tem como ideia central premiar indivíduos, comunidades, projetos e países que consigam reduzir os GEE provenientes da degradação e desmatamento oriundos das florestas. Esse autor complementa que o REDD tem o potencial para produzir grandes cortes nas emissões de GEE a baixo custo e no curto prazo e, ao mesmo tempo, contribuir para a redução da pobreza, promovendo o desenvolvimento sustentável (DALLA CORTE, 2012).

O REDD+ representa uma alternativa ao modelo tradicional de desenvolvimento. Cria-se uma oportunidade para que países em desenvolvimento busquem um modelo de economia sustentável, apoiado na conservação das florestas e da consequente redução de emissões de carbono. Além disso, o conceito inovador de incentivos econômicos por resultados de REDD+ cria um novo paradigma para investimentos em países em desenvolvimento, muito diferente do tradicional modelo de ajuda internacional.

Incentivos econômicos para a conservação das florestas, como o REDD+, estão surgindo como uma estratégia de grande potencial para mitigar as mudanças do clima. Com o REDD, comunidades e produtores locais podem ser remunerados por conservar suas florestas, e assim esta abordagem pode contribuir para a diminuição da pobreza além de reduzir emissões de carbono.

Assim, as comunidades podem também construir suas próprias condições de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas para se prepararem para os efeitos das mudanças climáticas globais. Projetos bem conceituados também contribuem para a conservação da biodiversidade, por meio da restauração e proteção de ecossistemas naturais, protegendo espécies animais e vegetais da extinção e mantendo um ambiente natural, resiliente e produtivo à humanidade. Com planejamento e implementação eficientes, todos estes resultados positivos podem ser alcançados de maneira economicamente efetiva (DALLA CORTE, 2012).

5. CONCLUSÕES

O processo de desmatamento na Amazônia Brasileira é um fenômeno complexo. Fundamentado nos resultados, no período estudado os determinantes do desmatamento, em ordem de importância, foram as seguintes variáveis: bovinos, malha viária, população, extração madeireira e áreas de lavoura.

Essas variáveis em destaque foram apontadas como os principais fatores explicativos do desmatamento e, ao estabelecer a magnitude da atuação desses determinantes, foi constatada a importância do trabalho realizado, uma vez que ele pode servir de alicerce para a implementação de políticas públicas na busca pela preservação do bioma amazônico.

Este trabalho avaliou a questão do desmatamento, demonstrando a relevância desse assunto e a necessidade de avançarmos em pesquisas, que contemporizem a devastação do ambiente amazônico.

Por fim, percebe-se que para reverter o processo do desmatamento, será imperativo a implementação de mecanismos e políticas públicas, que não somente

combatam os fatores indutores desse processo de agressão ao ambiente, mas que também incentivem economicamente a conservação e o uso sustentável do bioma a exemplo da Cota de Reserva Ambiental (CRA) e os projetos de REDD+ que apresentam grande potencial para combater o desmatamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRICH, Stephen P. et al. Land-Cover and Land-Use Change in the Brazilian Amazon: Smallholders, Ranchers, and Frontier Stratification. **Economic Geography**, v. 82, n. 3, p. 265-288, 2006.

ALVES, Diógenes S. O processo de desmatamento na Amazônia. **Parcerias estratégicas**, v. 6, n. 12, 2010.

ANGELO, Humberto. **O desmatamento na Amazônia Brasileira**. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2008. 106 p.

ANGELSEN, A. Moving Ahead with REDD – Issues, Options and Implications. **Indonesia: CIFOR**, 2008. 156 p.

ASNER, Gregory P. et al. Selective logging in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 310, n. 5747, p. 480-482, 2005.

BÖRNER, J.; MENDOZA, A.; VOSTI, S. A. Ecosystem services, agriculture, and rural poverty in the Eastern Brazilian Amazon: interrelationships and policy prescriptions. **Ecological Economics**, Vol. 64, p. 356-373, 2007.

BRANDAO JR, A. O. et al. Desmatamento e estradas não-oficiais da Amazônia. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, Brazil: INPE, 2007. p. 2357-2364.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Florestas do Brasil em resumo. Dados de 2005 – 2009**. Brasília: MMA/SBF, 2009.

BROWDER, John O. The urban-rural interface: Urbanization and tropical forest cover change. **Urban Ecosystems**, v. 6, n. 1, p. 21-41, 2002.

BURGESS, Robin et al. The Political Economy of Deforestation in the Tropics*. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 127, n. 4, p. 1707-1754, 2012.

CALDAS, Marcellus et al. **Theorizing land cover and land use change: The peasant economy of Amazonian deforestation**. Annals of the Association of American Geographers, v. 97, n. 1, p. 86-110, 2007.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D. de M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Inpe, 2006.

CATTANEO, A. Inter-regional innovation in Brazilian agriculture and deforestation in the Amazon: income and environment in the balance. **Environment and Development Economics**, Cambridge, Vol. 10, p. 485-511, 2005.

CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S. **Geographic patterns of land use intensity**. Washington, DC: World Bank, Development Research Group, Draft Paper, 2000.

CORRAR, Luiz J; PAULO, Edilson; DIAS FILHO, José Maria; RODRIGUES, Adriano (Coord). **Análise multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2009. xxiv, 541 p.

DAL BOSCO, Mateus Rodrigo. **Mecanismo de regularização de reserva legal por meio de cota de reserva ambiental: a compatibilização entre atividade econômica e proteção do meio ambiente em imóveis rurais brasileiros**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios.

DALLA CORTE, Ana Paula et al. Os projetos de Redução de Emissões do Desmatamento e da Degradação Florestal (REDD). **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 177-188, 2012.

DAVIDSON, Eric A. et al. The Amazon basin in transition. **Nature**, v. 481, n. 7381, p. 321-328, 2012.

FERRAZ, C., 2000. **Measuring the Causes of Deforestation, Agriculture Land Conversion and Cattle Ranching Growth: Evidence from the Amazon**. IPEA, Preliminary Draft, Rio de Janeiro.

FERREIRA, A. M. M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Estudos Avançados**, Vol. 19, nº 54, p. 25-44, 2005.

FERREIRA, Marcelo Dias Paes. **Impacto dos preços das *commodities* e das políticas governamentais sobre o desmatamento na Amazônia Legal**. 90 f., Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2011.

GAZONI, Jefferson Lorencini. **A contribuição relativa das forças primárias do desmatamento na Amazônia**. 2011. 228 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

GAZONI, J. L.; MOTA, J. A. Fatores político-econômicos do desmatamento na Amazônia Oriental. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, Vol. 1, nº 1, p. 25-44, 2010.

GODAR, Javier; TIZADO, Emilio Jorge; POKORNY, Benno. Who is responsible for deforestation in the Amazon? A spatially explicit analysis along the Transamazon Highway in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 267, p. 58-73, 2012.

GUJARATI, Dadomar N. **Econometria básica**. Elsevier Brasil, 2011.

HAIR, J. F.; ANDERSON, et al. **Análise multivariada de dados**. 6ªed. Porto Alegre, 2009.

HADDAD, P., e Rezende, F. A., 2001. **O Uso de Instrumentos Econômicos no Processo de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia**. Versão Preliminar, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Coordenação da Amazônia, Brasília.

HARGRAVE, Jorge; KIS-KATOS, Krisztina. Economic causes of deforestation in the Brazilian Amazon: A panel data analysis for the 2000s. **Environmental and Resource Economics**, v. 54, n. 4, p. 471-494, 2013.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Biomas do Brasil**, 2011.

INPE. **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites**. Coordenação geral de observação da terra. São José dos Campos, 20 de junho de 2014.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 6ª ed., 2007.

KRUG, T. **O Quadro do Desflorestamento da Amazônia**. In MMA/SCA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/ SECRETARIA DE COORDENAÇÃO DA AMAZÔNIA. Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia. Brasília: MMA, 2001, p. 91-98.

LIRA, S. R. B.; SILVA, M. L. M.; PINTO, R. S. Desigualdade e heterogeneidade no desenvolvimento da Amazônia no século XXI. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 153-184, 2009.

MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. S. Desmatamentos na Amazônia e consequências para a biodiversidade. In: BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília. MMA, 2001, p. 225-234.

MARGULIS, S. 2003. **Causas do desmatamento na Amazônia brasileira**. The World Bank, Brasília. 1ª edição – 2003, 100p.

MAROCO, João; ROBALO, Manuel. **Análise estatística: com utilização do SPSS**. 3. ed. rev. ampl. Lisboa: 2007. 822 p.

MATRICARDI, Eraldo AT et al. Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 5, p. 1117-1129, 2010.

MATRICARDI, Eraldo AT et al. Assessment of forest disturbances by selective logging and forest fires in the Brazilian Amazon using Landsat data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 4, p. 1057-1086, 2013.

MENDONÇA, Mário Jorge; LOUREIRO, Paulo RA; SACHSIDA, Adolfo. The dynamics of land-use in Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 84, p. 23-36, 2012.

MIRAGAYA, J. Demanda mundial de carne bovina tem provocado o desmatamento na Amazônia. **T&C Amazônia**, ano VI, n. 14, 2008.

MMA/GABMIN, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE / GABINETE DO MINISTRO. **Ações Governamentais para a Amazônia**. Brasília: MMA. 2008.

MMA/SBF, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE / SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS. **Mapas de cobertura vegetal dos Biomas Brasileiros**. 2009.

MORTON, D. C. et al. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **PNAS**, Vol. 103, n° 39, p. 14637-14641, 2006.

NEPSTAD, Daniel C. et al. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. **Nature**, v. 398, n. 6727, p. 505-508, 1999.

NEPSTAD, Daniel et al. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, v. 344, n. 6188, p. 1118-1123, 2014.

OLIVEIRA, Rejane Corrêa de et al . Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da curva de Kuznets ambiental para a Amazônia Legal. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 49, n. 3, Sept. 2011 .

PFAFF, A., Robalino, J., Walker, R., Aldrich, S., Caldas, M., Reis, E., Perz, S., Bohrer, C., Arima, E., Laurance, W. and Kirby, K., “Road investments, spatial spillovers, and deforestation in the Brazilian Amazon”, **Journal of Regional Science**, 47(1), 109–123, 2007.

PORTELA, R.; RADEMACHER, I. A dynamic model of patterns of deforestation and their effect on the ability of the Brazilian Amazonia to provide ecosystem services. **Ecological Modelling**, Vol. 143, p. 115-146, 2001.

PRATES, R. C.; BACHA, C. J. C. Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 20, p. 3-43, 2011.

RODRIGUES, Ricardo Leonardo Vianna. **Análise dos Fatores Determinantes do Desflorestamento na Amazônia Legal**. [Rio de Janeiro], 2004; IV, 249 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc, Planejamento Energético, 2004). Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ROULET, M. et al. Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in the central Amazon. **Chemical Geology**, Vol. 165, n° 3/4, p. 243-266, 2000.

SÁ, S. P. P. (2003). **O desflorestamento na Amazônia Brasileira**. Dissertação de Mestrado, Publicação EFLM/035, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 46 p.

SANTOS, Renato Prado. **Os principais fatores do desmatamento na Amazônia (2002-2007) – uma análise econométrica e espacial**. Brasília, 2010. 129 p.: il. Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, A.N. **Análise das relações entre o desflorestamento e o potencial agropecuário das terras na Amazônia**. 2006. 179 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006.

SOARES-FILHO, Britaldo et al. Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.

STICKLER, Claudia M. et al. Defending public interests in private lands: compliance, costs and potential environmental consequences of the Brazilian Forest Code in Mato Grosso. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1619, p. 20120160, 2013.

VICINI, Lorena. **Análise multivariada da teoria à prática** / Lorena Vicini ; orientador Adriano Mendonça Souza. – Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005. 215 p.: il.

WALKER, R. Mapping Process to Pattern in the Landscape Change of the Amazonian Frontier. **Annals of the Association of American Geographers**, 93: 376–398. 2003.